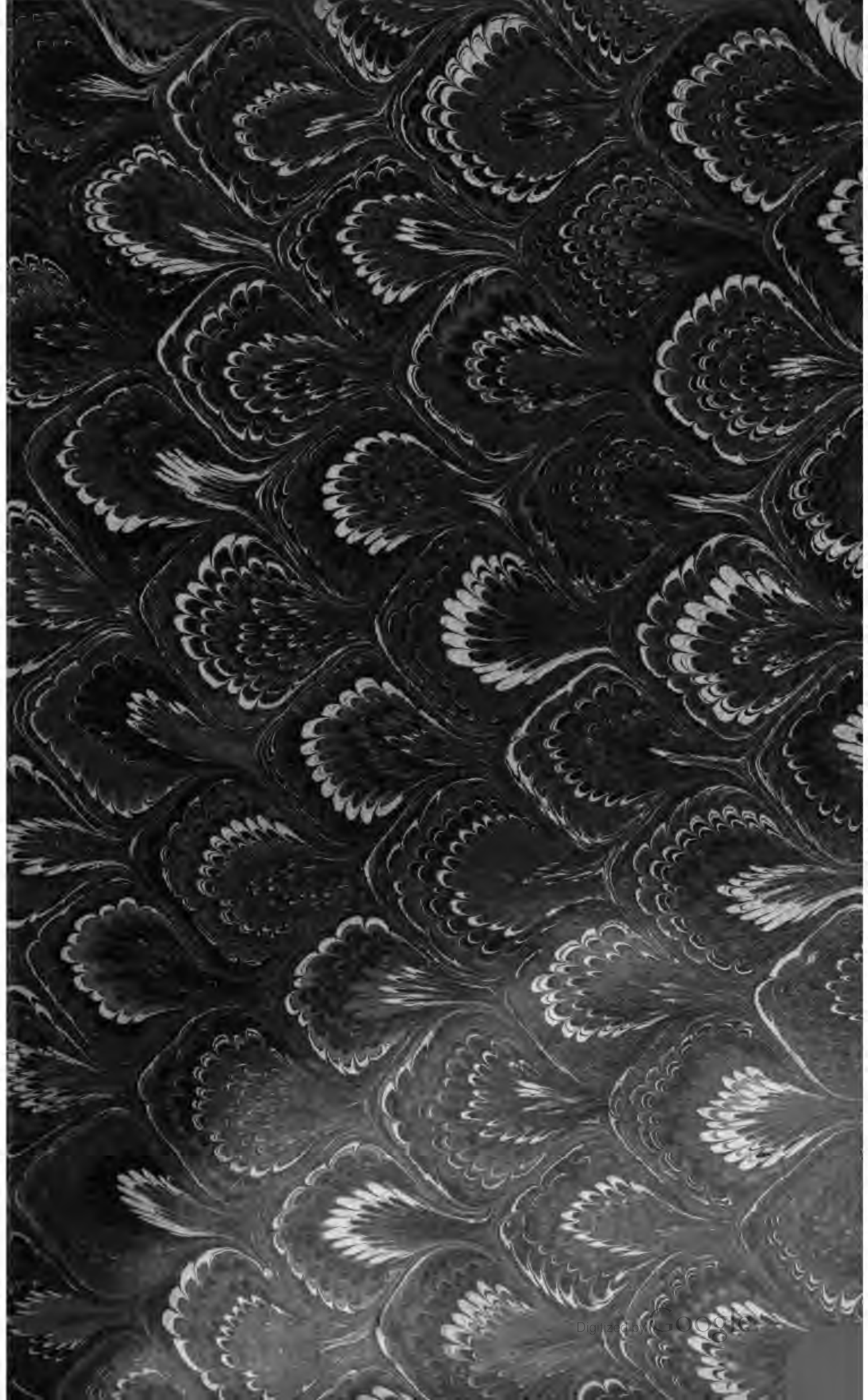




KE 32140
SIGILL: COLL: HARVARD: CANTAB: NOV: ANGL: 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE



Das Klima
von
Chile und Westpatagonien.

Erster Teil.

Luftdruck und Winde. Meeresströmungen.

Mit einer Tafel.

Geographische Dissertation
zur Erlangung der Doctorwürde bei der philosophischen Facultät
der Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg eingereicht

von

Alfred Hettner.

Bonn,
Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi.
1881.

Meinem verehrten Lehrer

Professor Dr. Georg Gerland

gewidmet.

Die Klimatologie ist noch eine junge Wissenschaft. Ihre Entwicklung ist an die Fortschritte der Meteorologie gebunden; erst wenn die Beobachtungsmethoden und die allgemeinen Gesetze der Witterung festgestellt sind, können die charakteristischen Unterschiede der Länder den Gegenstand der Untersuchung bilden. In der geographischen Litteratur werden daher die klimatischen Schilderungen immer häufiger, und man beginnt immer mehr, das unendliche Material, welches in den meteorologischen Journalen niedergelegt ist, auch geographisch zu verwerten. Man sucht aus den Schilderungen der Reisenden und aus den Zahlenreihen der systematischen Beobachtungen die allgemeinen Charakterzüge des Klimas, Mittel und Extreme der Temperatur, Richtung der Winde, die Niederschlagsmengen und ihre Verteilung über das Jahr, festzustellen und in ihrem Einfluss auf Pflanzen- und Tierwelt, auf menschliche Art und Kultur, wie auf die Gestaltung der Erdoberfläche zu verfolgen. Länger als es der Stand der Meteorologie erfordert hätte, trat die Erforschung der Ursachen des Klimas hinter der Erforschung der Wirkungen desselben zurück. Man hat es unternommen, die Grundzüge der Verteilung der Witterung über die Erde zu erklären, aber die Versuche sind noch selten, das Klima eines Landes auch in seinen Einzelheiten zu verstehen.

Das Buys-Ballotsche Gesetz, welches die Grundlage der modernen Meteorologie bildet, wurde auch für die Erklärungsversuche der Klimatologie von hervorragender Bedeutung. Indem es eine strenge Beziehung zwischen Luftdruck und Winden aufstellt, eröffnet es zugleich einen Blick in den Zusammenhang aller klimatischen Elemente. Seit Buchan die Monatsisobaren zog, und Wojeikof dieselben verbesserte und ausführlich erörterte, darf dies Gesetz und

die darauf beruhende Betrachtungsweise als ein Gemeinbesitz der allgemeinen Geographie gelten. Es muss die erste Aufgabe auch jeder klimatologischen Specialarbeit sein, durch eingehendes Studium der mittleren Verteilung des Luftdruckes und der Winde das Klima der einzelnen Landschaft in Beziehung zur allgemeinen atmosphärischen Circulation zu setzen.

Man muss sich aber immer bewusst bleiben, dass auch diese Betrachtungsweise nur eine Stufe bei der Annäherung an das Ziel ist, welches die moderne Windtheorie der Klimatologie gesteckt hat. Supan bemerkt mit Recht, dass für den Geographen die Mittelwerte durchaus unentbehrlich seien [1]; aber wie sich die Meteorologie mit der Betrachtung der Mittelwerte nicht begnügen konnte, sondern zur Untersuchung der Veränderungen und deren Gesetze fortschritt, ebensowenig darf die Geographie rasten, bevor sie ermittelt hat, wie sich das Wetter zu ändern pflegt und worauf diese Veränderungen zurückzuführen sind, bevor sie, um es deutlich auszusprechen, die Bewegungen der Cyklonen und Anticyklonen in die Darstellung aussertropischer Gebiete eingeführt hat. Das Klima eines Landes drückt sich nicht bloss in dem durchschnittlichen Zustande, sondern in dem ganzen Verlaufe der Witterung aus. Erst wenn die Gesetze dieses Verlaufs in ihren örtlichen Eigentümlichkeiten erkannt und mit den mittleren Zuständen aus der Lage und Bodengestaltung erklärt sind, darf die geographische Klimatologie ihre Aufgabe vorläufig als gelöst betrachten.

Die nachfolgende Arbeit versucht aus diesen Gesichtspunkten das Klima von Chile und Westpatagonien zu behandeln. Zum Klima wurden dabei auch die Meeresströmungen gerechnet, deren Abhängigkeit von den Winden man immer mehr erkennt, und die umgekehrt für die Verteilung der Niederschläge und der Temperatur von grosser Bedeutung sind. Auch die atmosphärischen Vorgänge muss-

1) Statistik der unteren Luftströmungen Leipzig 1881. S. 1.

ten zunächst auf dem Ocean aufgesucht werden, weil es ohnedem nicht möglich schien, das Wetter an der Küste zu verstehen. So aber erscheint das Klima von Chile und Westpatagonien als ein besonders dankbares Feld der Untersuchung, weil hier die Witterung der von Europa analog, aber einfacher und typischer entwickelt ist.

Quellen und Bearbeitungen.

Seit 1868 besteht in Chile ein staatliches meteorologisches Beobachtungssystem, dessen Stationen über das ganze Land verteilt sind. Die Beobachtungen, welche sich auf alle meteorologischen Elemente erstrecken, werden täglich um 9 U. Vm. 2½ U. Nm. und 9 U. Nm. sowie ausserdem dreimal monatlich alle Stunden oder alle drei Stunden angestellt. Die gebrauchten Instrumente sind grossenteils aus der Fabrik von Salleron in Paris bezogen, aber nur zum Teil mit den Normalinstrumenten der Sternwarte von Santiago verglichen worden; die daraus folgenden Correctionen sind bis 1870 nur an den Monatsübersichten angebracht. An den meisten Stationen sind Fortinsche Barometer in Gebrauch, auf den Leuchttürmen von Valparaiso, Corral und Ancud Barometer nach dem System Gay Lussac-Bunten, auf der Sternwarte von Santiago ein nach Moestaschen Zeichnungen construiertes Gefässbarometer (vgl. Anales de la Universidad de Chile XXII), in Talca ein Aneroidbarometer, das von Zeit zu Zeit mit einem Quecksilberbarometer verglichen wird. Als Normalbarometer diente das der Sternwarte zu Santiago. Die Barometer der Stationen, welche 1869 ihre Thätigkeit begannen, sind nur zum Teil mit denselben verglichen; die Resultate der Vergleichungen sind nicht veröffentlicht. Seitdem wurden folgende Correctionen bestimmt: Barometer von Corral + 8,257 ^{mm}, von Valparaiso — 1,97 ^{mm}, Valdivia

+ 0,29^{mm}, das von Dr. Martin in Puerto Montt, später in Ancud — 1,91^{mm}; dagegen konnte das Barometer von Punta Arenas nicht verglichen werden. Die Correctionen sind im Anuario schon angebracht. Da die Beobachtungsreihen von Puerto Montt und Ancud (Dr. Martin) sehr kurz sind, sind nur die absoluten Barometerstände von Santiago, Valparaiso und Valdivia genügend bekannt. Der Nullpunkt der Thermometer wird jährlich von neuem bestimmt, die dabei sich ergebenden übrigens kleinen Correctionen sind überall angebracht worden. Die Regenmesser sind sämtlich nach dem System Babinet, zur Bestimmung der Feuchtigkeit dienten überall August sche Psychrometer. Ueber die Lage der Stationen und die Aufstellung der Instrumente sind leider noch keine Mitteilungen gemacht worden; die Beobachtungsstunden sind nicht immer genau innegehalten.

Die Beobachtungen werden in dem Anuario de la Oficina central meteorolójica de Santiago de Chile vollständig veröffentlicht; bisher sind von demselben vier Hefte erschienen, (Santiago 1870, 1872, 1873 und 1879), welche die Jahrgänge 1868 und 69, 1870, 1871 und 72, 1873 und 74 umfassen. In der Einleitung zu jedem Bande sind die Resultate zusammengestellt. Jahrgang III und IV enthält ausserdem eine Zusammenstellung der Mittelwerte von 1868—72, für Santiago und Valparaiso auch von älteren Beobachtungen; Hann hat dieselben, so weit sie Luftdruck und Temperatur betreffen, Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie XII 359 f, Wojeikof, so weit sie sich auf Bewölkung und Niederschlagsmengen beziehen, Ztschr. f. Meteor. X 75 ff. mitgeteilt.

Das Anuario ist leider ziemlich reich an Druck- und Rechenfehlern, Unklarheiten und Irrtümern. Die Regenmengen, welche sich aus Cuadro XXV und L (fechas de las lluvias etc.) ergeben, sind z. B. oft von denen der Monatsübersichten verschieden, die Mittelwerte für Temperatur und Luftdruck in Band III und IV stimmen zum Teil nicht

mit den in den betreffenden Jahrgängen enthaltenen Werten überein, ohne dass Gründe dafür angegeben sind, die Monatsmittel sind oft falsch berechnet, und die dreistündlichen Beobachtungen zeigen oft andere Werte als die entsprechenden gewöhnlichen Beobachtungen. Viele Zusammenstellungen sind nach wechselnden Principien gemacht (vgl. Winde in Puerto Montt 1871), bei anderen (z. B. dias despejados, nublados en parte, nublados) ist das Princip überhaupt nicht angegeben, und ich habe mich vergeblich bemüht, dasselbe herauszufinden.

Das Anuario ist die wichtigste Quelle für jede Bearbeitung des Klimas von Chile, wenngleich durch jene Mängel die Genauigkeit der Resultate einigermassen beeinträchtigt wird. Man darf aber nicht vergessen, dass die chilenische Regierung die erste in Südamerika war, welche regelmässige meteorologische Beobachtungen anstellen liess und veröffentlichte, und dass sie dabei mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte, während wir aus manchen Teilen Deutschlands solche Beobachtungen überhaupt noch nicht besitzen.

Ausserdem existiert eine grosse Zahl älterer Beobachtungsreihen, welche meist in den Anales de la Universidad de Chile, zum Teil in extenso publiciert worden sind. Einen Ueberblick über dieselben giebt Domeyko in einem Aufsatz über die Meteorologie von Chile Anales de la Universidad de Chile 1861 II S. 635 ff., welcher auch die Resultate mehrerer sonst nicht publicierter Beobachtungsreihen enthält. Hann hat in der Zeitschrift für Meteorologie V 368 ff. 396 ff. 433 ff. VI 25 ff. VII 7 ff. auf Grund dieser älteren Beobachtungen eine Darstellung des Klimas von Chile gegeben.

Aus älterer Zeit besitzen wir auch die Beobachtungen mehrerer fremder Expeditionen und Reisender, Pöppig, Fitz-Roy, Tessan u. a. und besonders die der nordamerikanischen Expedition unter Gilliss (U. S. Naval Astronomical Expedition to the Southern Hemisphere during the years 1849—52. Vol. I u. VI. Washington 1855 und 56).

Aus neuerer Zeit kommen die kurzen Beobachtungsreihen hinzu, welche von der chilenischen Marine bei Gelegenheit der Küstenerforschung besonders im Süden des Landes angestellt worden sind.

Eine vorzügliche Zusammenfassung der von englischen Schiffen auf dem benachbarten Meere angestellten Beobachtungen (Temperatur, Temperatur der Meeresoberfläche, Luftdruck, Niederschlag und Winde) giebt Scott Contributions to the meteorology of Cape Horn and the West coast of South America London 1871. Ein noch reichhaltigeres Material für die Winde enthält das grosse Werk von Coffin The winds of the globe. Smithsonian contributions to knowledge vol. XX. Die Resultate, d. h. die Isobaren, Isothermen, Linien gleicher Temperatur der Meeresoberfläche, Strömungen und herrschenden Winde geben auch die Wind and current charts for Pacific, Atlantic and Indian Oceans. Compiled by Staff Captain Evans and Staff Commander Hull. October 1872.

Von grosser Wichtigkeit sind auch die allgemeinen Schilderungen der Witterung. Soweit sie sich auf die See beziehen, sind sie in den Segelhandbüchern zusammengestellt, von denen für diese Arbeit Kerhallet, Becher, Rosser, Labrosse, The coasts of Chile and Peru, The South America Pilot und besonders das grosse Werk von Findlay South Pacific Directory benützt worden sind. Die Erfahrungen der chilenischen Marine sind in den Anales de la Universidad, dem Memoria de la Marina und dem Anuario hidrográfico de la Marina de Chile niedergelegt. Von Reisewerken müssen besonders die von Pöppig, Fitz-Roy und Darwin hervorgehoben werden, während viele andere für die Klimatologie nichts geleistet haben.

Ein ausführliches Verzeichnis der meteorologischen Beobachtungen in Chile sowie die Resultate derselben (Tabellen für Luftdruck, Winde u. s. w.) werden dem zweiten Teile beigegeben werden.



Für gütige Unterstützung bei der Beschaffung des schwer zugänglichen Materials bin ich Herrn Minister von Gülich, dem Kanzler der deutschen Gesandtschaft in Chile, Herrn Pann, der chilenischen Gesandtschaft in Paris, der k. deutschen Seewarte in Hamburg, der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien, Herrn Prof. Dr. Gerland in Strassburg, Herrn Dr. Moesta in Dresden, Herrn Dr. Martin in Jena, Herrn Konsul Ochsenius in Marburg zu grösstem Danke verpflichtet; die beiden letzteren haben mir ausserdem auf das Liebenswürdigste die Resultate eigener, nicht veröffentlichter Beobachtungen und Untersuchungen mitgeteilt.

Luftdruck und Winde.

Ueber dem östlichen Teile des südlichen stillen Oceans befindet sich zwischen 20 und 40° s. Br. das ganze Jahr hindurch ein Gebiet hohen Luftdruckes[1]), in welchem der mittlere Barometerstand über 768 mm beträgt. Im Winter ist es dem Aequator näher gerückt als im Sommer; der höchste Luftdruck liegt im Juni und Juli etwa unter 25, im Sommer zwischen 30 und 35° s. Br. Gleichzeitig scheint sich auch die Stärke des Luftdruckes zu ändern; von April bis Juni steht zwischen 80 und 95° w. L. Gr. das Barometer am tiefsten und zeigt dann im Mittel nicht ganz 766 mm, während es zur Zeit des höchsten Standes, im September und Oktober, 770 mm übersteigt. Im Westen ist das barometrische Maximum zu allen Jahreszeiten wohlbegrenzt, und ebenso ist es nach den verbreitetsten Isobarenkarten, z. B. denen von Evans, Wojeikof und

1) Vergl. für die folgende Darstellung: Scott, Contributions to the meteorology of Cape Horn and the West Coast of South America 1871. — Wind and Current Charts for Pacific, Atlantic and Indian Oceans. Compiled by Evans and Hull 1872.



Mohn, auch im Osten das ganze Jahr hindurch geschlossen, so dass die chilenische Küste einen niedrigeren Luftdruck zeigt als das westlich davon gelegene Meer. In Wahrheit aber lehrt uns die reichhaltigste Zusammenstellung von Luftdruckbeobachtungen, welche wir für diese Gegend besitzen, die auf den Beobachtungen der englischen Schiffe beruhende Sammlung von Scott, nicht mehr, als auf unseren Kärtchen zur Darstellung gelangt ist, so dass alle weitergehenden Angaben nur Vermutungen zu sein scheinen. Von August bis April ist allerdings eine Abnahme des Luftdruckes nach dem Lande hin deutlich zu bemerken, aber zwischen Mai und Juli zeigen die Luftdruckbeobachtungen in der Nähe der Küste ebenso hohe Werte wie weiter seewärts. Obgleich wir nun glauben, dass die Isobaren auch im Winter hier einst eine festere Gestalt annehmen werden, so scheint es doch nicht, als ob sich dabei ein Gegensatz zwischen Land und Meer herausstellen wird. Die Beobachtungen der chilenischen Stationen dürfen nicht zur Entscheidung dieses Punktes herbeigezogen werden, denn sie sind mit den Schiffsbeobachtungen zu ungleichartig, um mit ihnen verglichen werden zu können. Uebrigens sind uns nur für wenige Stationen die Correctionen der Instrumente genügend bekannt, und bei ihnen werden wir durch die geringe Anzahl der Jahrgänge oder andere Schwierigkeiten verhindert, die absoluten Barometerstände mit einiger Sicherheit abzuleiten und auf den Meeresspiegel zu reducieren.

Nach Süden nimmt der Luftdruck das ganze Jahr hindurch rasch ab; die Isobaren verlaufen im Sommer ziemlich gleichmässig in westöstlicher Richtung, während sie im Winter in höheren Breiten von WNW nach ESE geneigt erscheinen. Die Isobare von 750^{mm}, welche im Januar etwa unter 55° s. Br. liegt, verläuft im Winter etwa unter 52°, so dass die Abnahme des Luftdrucks von Nord nach Süd in beiden Jahreszeiten nahezu die gleiche ist und ungefähr 1^{mm} auf den Grad beträgt.

Mittlerer Luftdruck über dem Ocean[1]).

s. Br.		Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	Oktober.	November.	Dezember.
20—25°	80—100° w. L. Gr.	65,5	64,3*	64,3*	—	—	**66,1**	**68,6**	66,6	66,6	67.8	65,5	65,8
25—30°		66,8	—	63,0*	**65,5**	**65,8**	65,5	67,8	**68,3**	68,8	69,1	67,6	66,8
30—35°		**69,4**	**66,3**	**64,5**	64,3	65,3	[58,4]*	66,3	**68,6**	**70,6**	**70,1**	**67,8**	68,1
35—40°		67,1	65,0	[68,8]	62,0	64,0	56,4*	63,0	65,8	67,1	69,1	67,3	**68,6**
40—45°	Küste b. 100° w. L. Gr.	61,0	61,7	58,7	60,2	64,5	51,6*	60,0	61,5	62,5	67,3	64,5	65,3
45—50°		58,4	57,7	55,1	53,6	57,7	48,5*	54,9	60,5	59,7	65,3	55,4	57,2
50—55°		50,8	53,1	45,7	44,2	52,6	41,9*	47,8	49,3	50,8	49,0	41,7*	51,8
55—60°		46,8	41,2	38,4	47,0	49,8	43,4	41,7	40,4	36,8*	47,3	40,7	39,4

Die jährliche Periode des Luftdrucks ist durch die jahreszeitliche Verschiebung der Lage des barometrischen Maximums und durch die gleichzeitig erfolgende Aenderung in der Intensität desselben bedingt. Nördlich von 25° s. Br. fällt der niedrigste Luftdruck in den Februar, der höchste in den Juli, während weiter südlich der niedrigste Luftdruck in den Juni, der höchste in den Oktober rückt. Erst indem wir über 50 oder 55° s. Br. hinauskommen, verwischt sich diese jährliche Periode, wenigstens für den jetzigen Stand unserer Kenntnis. Die Beobachtungen an der Küste und im Innern Chiles zeigen bis etwa 37° s. Br. übereinstimmend eine scharf ausgesprochene jährliche Periode mit dem Minimum im Januar, dem Maximum im August oder September; weiter südlich wird dieselbe auch hier undeutlicher, das Minimum fällt auf den März, das Maximum auf den Frühling.

Für die mittleren Windrichtungen ist in dem grossen

1) Die unterstrichenen Ziffern bezeichnen das höchste, die mit einem * versehenen das niedrigste Luftdruckmittel innerhalb der jährlichen Periode. Die fetten Ziffern bezeichnen das höchste Luftdruckmittel in einem jeden Monat.



Werke von Coffin [1]) ein reiches Material gesammelt und zu fünf Karten verarbeitet worden, nach welchen die dieser Arbeit beigegebenen Kärtchen gezeichnet worden sind. Im Norden des hohen Luftdruckes weht der Südostpassat, im Westen herrschen nordöstliche, im Süden nordwestliche und westliche Winde, an der chilenischen Küste ist die mittlere Windrichtung das ganze Jahr über südlich oder südwestlich, wenn auch im Winter weniger ausgeprägt als im Sommer. Diese Thatsache hat vermutlich zu der gewöhnlichen Zeichnung der Isobaren Veranlassung gegeben, indem man nach dem Buys-Ballotschen Gesetz auch für den Winter eine Abnahme des Luftdruckes vom Meere nach der Küste folgern zu dürfen glaubte. Zu dem gleichen Resultate scheint die Verteilung der Temperatur zu führen. Die Isobaren zeigen nämlich, wie neuerdings Teisserenc de Bort [2]) und besonders Wild [3]) genauer nachgewiesen haben, bestimmte Beziehungen zu den Linien gleicher Temperaturabweichung, den Isanomalen; südöstlich, auf der südlichen Halbkugel nordöstlich von einem barometrischen Maximum befindet sich gewöhnlich ein Maximum negativer Temperaturanomalie. Die Temperaturen an der chilenischen Küste sind nun im Sommer auffallend niedrig und sinken auch im Winter unter die Mittelwerte der betreffenden Breite, so dass wir wiederum geneigt sind, in beiden Jahreszeiten den höheren Luftdruck über dem Meere zu vermuten. Da die genannte Beziehung zwischen Temperatur und Luftdruck aber auf dem Vorherrschen der polaren Winde auf der Ostseite der barometrischen Maxima beruht,

---

1) Coffin The winds of the globe. Smithsonian contributions vol. XX.

2) Annales du bureau central météorologique de France. Météorologie Générale Année 1878, Paris 1879, citiert nach der Ztschr. f. Meteor. XV, S. 461.

3) Bulletin de l'Académie des sciences de St. Petersbourg. XXVII, Nr. 2, 1881.

so lehrt uns die Betrachtung der Temperaturkarten nichts, was wir nicht schon aus den Windkarten entnehmen konnten. Es handelt sich also um die Frage, ob uns die südwestliche Windrichtung an der chilenischen Küste in der That berechtigt, auf eine Zunahme des Luftdruckes nach der hohen See zu schliessen, obwohl die Luftdruckbeobachtungen selbst eine solche Abnahme im Winter nicht erkennen lassen, oder ob diese Verteilung der Winde auch eine andere Ursache haben kann.

Innerhalb eines Gebietes mit hohem Luftdrucke zeigen an jedem beliebigen Orte nördliche und südliche, östliche und westliche Winde annähernd die gleiche Häufigkeit, weil der Luftdruck im ganzen Gebiete ziemlich die gleiche Höhe hat, und der höhere Luftdruck ebenso oft nördlich wie südlich, östlich wie westlich von diesem Orte gelegen ist. Aber damit an demselben östliche Winde überhaupt wehen können, muss nicht nur zuweilen östlich davon ein Ort mit höherem Luftdrucke liegen, sondern muss auch eine ungehinderte Luftcirculation zwischen beiden Orten stattfinden können. Wenn sich zwischen ihnen ein meridionales Gebirge erhebt, welches die genügende Höhe besitzt, um die Luftcirculation zwischen seinen beiden Seiten vollständig zu verhindern, so werden am westlichen Fusse desselben, also an dem ersten Orte, die Ostwinde fehlen, nicht in Folge der Verteilung des Luftdruckes, sondern weil es ihnen, wie der gewöhnliche Ausdruck lautet, an Raum zu ihrer Entfaltung gebricht. Die mittlere Windrichtung wird, da keine östliche Componente vorhanden ist, eine westliche Richtung erhalten; es wird sich uns also das Bild darbieten, welches wir vorhin an der Westküste von Chile kennen gelernt haben, und welches seine Entstehung danach der Lage der Anden verdanken würde.

Wie sollen denn aber die Anden diese trennende Wirkung ausüben?

Wir können uns heute nicht mehr mit der Auffassung

von Mühry[1]) und Pissis[2]) befreunden, nach welcher der Südostpassat an der Ostseite der Anden emporsteigt, um sich erst vierzig Meilen von der Küste wieder herabzusenken; wir wissen heute, dass der Passat gar nicht die ungestörte Herrschaft besitzt, welche jener Theorie zum Ausgangspunkte dient, sondern dass er sich nur über den Oceanen rein entwickelt findet; schon an der Ostküste der argentinischen Republik wehen nordöstliche Winde[3]), am Ostfusse der Anden herrscht Windstille vor[4]), auf dem Kamm sind in diesen Breiten nie Ostwinde beobachtet worden. Seit wir die Winde aus dem Luftdruck abzuleiten gelernt haben, müssen wir die Bedeutung der hohen Gebirge in anderer Richtung suchen; sie verhindern, dass die Temperatur- und Druckverhältnisse der einen Seite des Gebirges einen wesentlichen Einfluss auf die Temperatur- und Druckverhältnisse der anderen Seite ausüben. Druckunterschiede können nur da auf einander einwirken, wo die Luftsäulen in horizontaler Richtung direkt mit einander communicieren. Allerdings teilen die Luftschichten in Folge innerer Reibung und verticalen Massenaustausches ihre Bewegung einander mit, aber nur, so lange nicht durch die Verringerung der Luftdichte die Bewegungsenergie zu gering geworden ist. Diejenige Schicht der Atmosphäre, welche nach oben und unten beschleunigend und bestimmend wirkt, scheint nicht über 4000^{m} zu reichen[5]). Ein Gebirge von der Höhe der Anden, dessen Pässe nur wenig unter 4000^{m} herabsinken, wird also seine beiden Seiten fast vollständig sondern.

---

1) Untersuchungen über die Theorie und das allgemeine geographische System der Winde. Göttingen 1869. S. 94 f.

2) Geografía físika de la Republica de Chile 1875, S. 201 ff.

3) Vgl. Supan, untere Luftströmungen, S. 239 f.

4) Burmeister, in den Abh. der naturf. Ges. in Halle. VI, 1862, S. 33.

5) S. Köppen, Zeitschr. f. Meteor. XIV, S. 343.

Wir dürfen nun wohl mit einiger Zuversicht behaupten, dass die Anden die Ursache der westlichen Windrichtung sind, welche im Winter die chilenische Küste überweht, und dass sie im Sommer wenigstens zur Verstärkung dieser Richtung beitragen. Vom August bis Mai nimmt der Luftdruck nach der Küste hin ab, im Winter können wir auf der Isobarenkarte keine Abnahme erkennen. Die Gründe, aus welchen man dieselbe dennoch annehmen zu müssen glaubte, haben sich nicht als zwingend erwiesen.

Für die weitere Darstellung des Klimas ist es schliesslich ganz gleichgültig, welcher Ursache die südwestlichen Winde an der chilenischen Küste ihren Ursprung verdanken, denn ihre Einwirkung auf Temperatur, Feuchtigkeit und Niederschläge wird dadurch nicht geändert. Wohl aber ist die vorhergehende Untersuchung von entscheidender Bedeutung für den Versuch, die Entstehung des hohen Luftdruckes zu erklären, also das Klima von Chile überhaupt in Beziehung zu seiner geographischen Lage und zu seiner Bodengestaltung zu setzen.

Aehnliche Gebiete hohen Luftdruckes finden sich auch an anderen Orten von derselben geographischen Breite und sind passend als subtropische Maxima bezeichnet worden. Im Sommer sind sie über dem östlichen Teile aller Oceane entwickelt; im Winter ist, nach den gewöhnlichen Isobarenkarten, das barometrische Maximum des indischen Oceans auf den australischen Kontinent übergegangen, während gleichzeitig im westlichen Teile des Oceans vielleicht ein neues Maximum auftritt; die Maxima des nordatlantischen und südatlantischen Oceans greifen jetzt auf das Festland über, und nur die Maxima des nördlichen und südlichen stillen Oceans bleiben von Nord- und Südamerika entfernt, über deren Innerem sich jedoch gleichfalls, ebenso wie über Ostasien, Gebiete hohen Luftdrucks entwickeln, welche von jenen durch Streifen geringeren Luftdruckes getrennt erscheinen. Für die Westküste von Amerika fand sich, wie

wir sahen, diese Darstellung nicht bestätigt. Denn nach den allerdings spärlichen Daten, welche wir besitzen, scheint sich der oceanische hohe Luftdruck bis unmittelbar an den Westfuss der Anden zu erstrecken. Es wäre nicht unmöglich, dass sich an der Westküste von Nordamerika eine ähnliche Verteilung des Luftdruckes herausstellt, aber es fehlt dem Verfasser leider an Material, um diese wichtige und interessante Frage zu entscheiden.

Die Entstehung dieser Gebiete hohen Luftdrucks auf der Polarseite der Wendekreise ist wohl von Hann am befriedigendsten erklärt worden, welcher eine schon von Halley stammende Betrachtung streng physikalisch durchgeführt hat[1]). Die unmittelbare Folge der Erwärmung ist eine Auflockerung der Luft und in Verbindung damit eine Vermehrung des Luftdruckes in den höheren Schichten der Atmosphäre. Dabei kommt es jedoch nicht auf die Temperatur an der Erdoberfläche, sondern auf die mittlere Temperatur der ganzen über dem Orte befindlichen Luftsäule an; je höher diese mittlere Temperatur ist, um so höher liegt der gleiche Luftdruck; in der Höhe fliesst daher die Luft von den Gegenden mit höherer zu den Gegenden mit geringerer mittlerer Temperatur der Atmosphäre ab. Dadurch wird über den Oceanen eine allgemeine obere Strömung erzeugt, welche vom Aequator polwärts geht und in Folge der Erdrotation nach Osten abgelenkt wird. Da sich der Raum zwischen den Meridianen nach den Polen hin immer mehr verengt, senkt sich ein Teil dieser oberen Strömung schon in niedrigeren Breiten zur Erdoberfläche herab und verursacht den hohen Luftdruck der Rossbreiten, von welchem sowohl der Passatwind wie die Aequatorialwinde der höheren Breiten ihren Ausgang

1) Ztschr. f. Meteor., XIV, S. 33 ff. Vgl. ausserdem Wojeikof, die atmosphärische Circulation. Pet. Mitth. Ergänzungsheft 38, S. 2 ff.



nehmen. Die Kontinente unterbrechen die Regelmässigkeit dieser Entwicklung, denn obwohl sie an der Erdoberfläche stärker erwärmt sind als das Meer, erfolgt die Temperaturabnahme mit der Höhe um so viel rascher, dass die von kontinentalen Auflockerungsgebieten ausgehenden oberen Strömungen nur eine sekundäre Bedeutung haben, und die subtropischen Maxima ihre Entstehung ganz wesentlich der Auflockerung über dem äquatorialen Teile der Oceane verdanken.

Hann untersucht nicht, weshalb diese Gebiete hohen Luftdrucks überall den Westküsten der Kontinente näher gerückt sind als den Ostküsten; überhaupt hat nur Supan, soviel ich gesehen habe, dieser Frage seine Aufmerksamkeit zugewandt [1]). Der Grund liegt für ihn in der Krümmung der Isothermen, die ihrerseits durch kühle Meeresströme — und doch wohl auch durch polare Winde — bedingt ist. Er übersieht dabei, dass sich die barometrischen Maxima im allgemeinen westlich von den Gebieten negativer Temperaturanomalie befinden, während innerhalb derselben, wenigstens im Sommer, in dem die Anomalie am stärksten ausgeprägt ist, ein verhältnismässig niedriger Luftdruck herrscht. Seine Erklärung ist noch aus einem anderen Grunde bedenklich; sie führt die Verteilung des Luftdrucks auf die Meeresströmungen zurück, die Meeresströmungen lernen wir aber immer mehr als eine Wirkung der Winde betrachten, und die Winde — sind durch die Verteilung des Luftdrucks bedingt. Nur die allgemeinsten Unterschiede der Erwärmung dürfen zur Erklärung der Isobaren benutzt werden, alle specielleren Eigentümlichkeiten der Temperaturverteilung sind eine Folge derselben.

Die östliche Lage der subtropischen Maxima scheint einen viel einfacheren Grund zu haben. Da die Auf-

---

1) Untere Luftströmungen, S. 31. Ferrel Meteorological researches part I war mir leider nicht zugänglich.



lockerung und das obere Abströmen der Luft über den äquatorialen Meeren den Anlass zur Entstehung derselben giebt, und da diese abströmende Luft durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt wird, so wird der hohe Luftdruck eben nur im östlichen Teile der Oceane entwickelt sein können.

Im Sommer bleiben die Maxima von den benachbarten Festländern entfernt, während sie vom April bis Juli denselben näher gerückt sind und zum Teil, aber nur zum Teil auf dieselben übergehen. Die Ursache kann nur in der verschiedenen Erwärmung von Land und Meer gesucht werden. April bis Juli sind die Monate, in welchen der Temperaturüberschuss des Meeres über das Land am grössten oder vielmehr zwischen 30° und 40° überhaupt nur vorhanden ist. Im übrigen Teile des Jahres neigen sich die Flächen gleichen Druckes vom Lande zum Meere hin, nach welchem der obere äquatoriale Luftstrom daher leichteren Abfluss findet. An der Meeresoberfläche entsteht dadurch ein barometrisches Maximum, von welchem der Luftdruck nach dem Lande hin abnimmt. Im Winter müssen wir die entgegengesetzte Verteilung des Luftdrucks vermuten, und in der That finden wir dieselbe bei Australien verwirklicht. Warum der hohe Luftdruck weder den nordatlantischen noch den südatlantischen Ocean ganz verlässt, sondern nur zum Teil auf das Festland übergreift, haben wir hier nicht zu untersuchen; es scheint jedoch, als ob die weit nach Westen gerückte Lage des äquatorialen Auflockerungsgebietes in erster Linie daran schuld ist. Der hohe Luftdruck des südlichen und vielleicht auch des nördlichen stillen Oceans lehnt sich, wenn unsere Untersuchungen richtig sind, unmittelbar an den Fuss der Kordilleren an, um jenseits derselben eine Fortsetzung zu finden.

Die obere Strömung senkt sich also zum Teil jenseits, zum Teil aber auch schon diesseits der Kordilleren zur Erdoberfläche, und die Ursache davon haben wir jedenfalls darin zu suchen, dass das Gebirge in die Strömung aufragt

und die unteren Schichten derselben zum Herabsteigen nötigt. Aus dieser Zerteilung erklärt sich auch die geringe Intensität, welche dem Maximum vom April bis Juli eigen ist, während diese Erniedrigung den Luftdruck in grösserer Nähe des Aequators nicht betrifft. Daher erscheint das Maximum in diesen Monaten besonders weit zum Aequator gerückt, weiter als im August und September, in denen doch die Zone höchster Erwärmung nördlicher liegt. Unsere Annahme erklärt also die Verteilung des Luftdruckes, wie sie auf den beigegebenen Kärtchen gezeichnet worden ist, aber sie lehrt zunächst nicht die Verminderung des Luftdruckes vom Meere nach dem Küstenlande verstehen, welche auf den gewöhnlichen Isobarenkarten erscheint. Durch diese Beziehung dürfte unsere Darstellung an Vertrauen gewinnen, wenngleich das Unsichere derselben nicht geleugnet werden soll. Es ist nicht wahrscheinlich, aber auch nicht unmöglich, dass eine fortschreitende Erfahrung die geläufigen Darstellungen rechtfertigt und damit die Pflicht auferlegt, die Verteilung des Luftdruckes und der mittleren Windrichtungen anders zu erklären oder wenigstens die hier versuchte Erklärung zu ergänzen.

Wenn manche Autoren nicht die mittleren, sondern die vorherrschenden Windrichtungen in Beziehung zu der mittleren Verteilung des Luftdruckes setzen, so trägt das zwar zur Vereinfachung der Darstellung bei und ist darum in den meisten Fällen erlaubt, ist jedoch streng genommen unrichtig, denn in den mittleren Barometerständen drücken sich doch auch diejenigen Stände aus, welche das Wehen der anderen Winde bewirkten. Andrerseits ist es eine immer mehr anerkannte Thatsache, dass die mittlere Windrichtung klimatologisch wenig lehrt, wenn man nicht auch berücksichtigt, auf welche Weise sie zustande kommt. Durch die Betrachtung der einzelnen Winde [1]) verschafft man

1) Dieselbe beruht im Folgenden auf den Tabellen in Coffin. the winds of the globe und eigenen Umrechnungen derselben, die



sich eine bessere Grundlage für die Untersuchung der Temperaturverteilung und der Niederschläge und gewinnt zugleich einen Ausdruck für die Veränderungen der atmosphärischen Zustände, die im Luftdruckmittel und in der mittleren Windrichtung stabil erscheinen.

Ueber dem östlichen Teile der Südsee ist diese Veränderlichkeit im Sommer ziemlich gering, ein Zeichen, dass kräftige und dauernde Unterschiede des Luftdruckes bestehen. Während innerhalb des hohen Luftdruckes die verschiedenen Windrichtungen annähernd in gleicher Anzahl auftreten, haben an der Küste zwischen 30° und 40° die südlichen und südwestlichen Winde die unbedingte Herrschaft, treten etwa südlich von 42° alle anderen Richtungen hinter N, NW, W und SW zurück. NW und W zeichnen sich zwar wieder durch besondere Häufigkeit aus, jedoch sind auch N und SW durchaus nicht so selten, wie Andries[2]) meint.

Sommer.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C u.V.
20—25° s. Br.	0	0	10	60	25	4	1	0	6
25—30	5	4	8	22	38	15	4	4	5
30—35	5	5	8	16	25	16	12	13	6
35—40	12	7	3	5	22	21	17	13	4
40—45	11	3	0	1	13	23	26	23	4
45—50	11	3	1	1	6	17	33	28	2
50—55	12	4	2	1	6	15	29	31	2
55—60	14	6	2	4	5	12	26	30	1

Im Winter sind die Unterschiede des Luftdrucks in den mittleren Breiten (30—40°) viel geringer, die Lage des höchsten Luftdrucks daher viel unbestimmter und veränderlicher; Kalmen und leichte veränderliche Winde wechseln mit nördlichen Stürmen, welche sogar noch in 25°

später nach Supan ergänzt sind. Zum Vergleich wurden die Windtabellen aus Scott herangezogen.

2) Zeitschrift für Meteorologie XV S. 428.

s. Br. beobachtet worden sind [1]). Nach Süden werden die nördlichen und westlichen Winde immer häufiger, ohne jedoch in derselben Reinheit wie im Sommer zur Ausbildung zu gelangen. Südlich von 45° sehen wir sogar die polaren Winde zu unserem Erstaunen von neuem eine hohe Bedeutung gewinnen, der sie südlich von 55° jedoch wieder verlustig zu gehen scheinen; gleichzeitig wird ihre Richtung um so mehr eine östliche, je weiter wir nach Süden kommen. King [2]) und Simpson [3]) sowie die Beobachtungen in Punta Arenas bestätigen uns, dass am Kap Horn und in der Magalhaësstrasse östliche Winde im Sommer selten, im Winter dagegen häufig sind, und dass Oststürme nur im Winter vorkommen.

Winter.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C u.V.
20—25° s. Br.	4	3	12	40	16	6	13	6	4
25—30	2	6	8	16	34	24	7	3	8
30—35	12	10	4	12	17	17	12	15	4
35—40	16	9	2	3	13	22	18	17	4
40—45	13	6	4	6	9	16	24	21	5
45—50	8	5	4	9	22	17	20	15	1
50—55	10	8	8	13	12	18	16	15	3
55—60	10	6	10	6	8	15	23	22	6

Die jährliche Periode gestaltet sich im nördlichen und südlichen Teile unseres Gebiets eigentümlich verschieden. Der Bequemlichkeit halber fassen wir N, NW und W als äquatoriale, S, SE und E als polare Winde zusammen und bemerken von vornherein, dass NE und SW weniger bedeutsame oder anders geartete Veränderungen im Laufe des Jahres aufweisen. Während nördlich von 40° die Aequatorialwinde ihre grösste Häufigkeit im Winter, die

1) FitzRoy Narrative of the surveying voyages of Adventure and Beagle 1826—36. London 1839. II Appendix p. 227.

2) King and FitzRoy The South America Pilot vol. II p. 6.

3) Anales de la Universidad de Chile 1876 I (Bd. 49) p. 630.

Polarwinde im Sommer erreichen, kehrt sich südlich von 45° das Verhältnis um. Herbst und Frühling bilden überall den Uebergang zwischen den extremen Jahreszeiten, doch so, dass sich der Herbst näher an den Winter, der Frühling an den Sommer anschliesst.

Sommer minus Winter (Supans Monsunwechsel).

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	äquat.	polar.
20—25	—4	—3	—2	+20	+9	—2	—12	—6		
25—30	3	—2	0	6	4	—9	—3	1		
30—35	—7	—5	4	4	8	—1	0	—2	—14	+16
35—40	—4	—2	1	2	9	—1	—1	—4	—10	+12
40—45	—2	—3	—4	—5	4	7	2	2	—3	—5
45—50	3	—2	—3	—8	—16	0	13	13	+29	—27
50—55	2	—4	—6	—12	—6	—3	13	16	+31	—24
55—60	4	0	—8	—2	—3	—3	3	8	+15	—13

In Folge der jahreszeitlichen Verschiebung des barometrischen Maximums rückt die Polargrenze der Passate und passatartigen Winde im Winter weiter nach Norden als im Sommer. Aber gleichzeitig dringen im Winter vom Pol her südliche Winde in die gemässigten Breiten vor, in denen im Sommer die Aequatorialwinde die unumschränkte Herrschaft ausüben. Auf die subtropische Zone, welche überhaupt nur im Winter Aequatorialwinde zeigt, während im Sommer der Passat weht, folgt daher südlich ein Gebiet, in welchem die Aequatorialwinde im Winter bereits wieder seltener werden.

Als man erkannt hatte, dass die sommerliche Regenlosigkeit der südlichen Mittelmeerländer ihren Grund in dem Fehlen äquatorialer Winde hat, leitete man auch die Regenarmut der nördlichen Teile des Mediterrangebiets aus der Seltenheit äquatorialer Winde ab und nahm ohne weiteres an, dass dieselben ihre grössere Häufigkeit hier wie dort im Winter besässen [1]). Fischer gebührt das

1) Z. B. Mühry geographische Meteorologie S. 109 u. 115, klimatologische Beiträge Supplement S. 237 und Karte.

Verdienst, diese Speculationen durch den Nachweis widerlegt zu haben, dass die äquatorialen Winde nördlich von 40° im ganzen über die polaren Winde überwiegen [1]); ja aus seinen Tabellen geht hervor, dass sie im Sommer sogar viel stärker als in den übrigen Jahreszeiten entwickelt sind. Die Mittelmeerländer zeigen also, wenigstens an ihren Westküsten, dieselbe Verteilung der Winde wie der grosse Ocean an der Westküste von Südamerika. Man ist daher berechtigt, in dieser Verteilung nicht bloss eine locale Erscheinung zu sehen.

Wir haben Sommer und Winter einander entgegengestellt, um die jährliche Periode der Winde durch zwei Schlagworte zu charakterisieren. Aber nicht im gewöhnlichen meteorologischen Sinne darf man diese Jahreszeiten auffassen, um die Extreme der Witterung zu erhalten. Nach einer gütigen Mitteilung von Herrn Dr. Martin fasst man in Südchile die Monate Mai bis August als Winter zusammen, und in der That entspricht dieser Gebrauch nicht nur der Verteilung der Niederschläge, sondern ebenso sehr der der Winde. Sowohl die Landwinde wie die äquatorialen Winde sind in diesen Monaten, besonders aber im Juni, am häufigsten [2]). Wir erinnern uns dabei, dass das barometrische Maximum in eben denselben Monaten seine nördlichste Lage hat und am meisten auf das Land übergreift. Die Verteilung der Winde ist eine notwendige Folge der Verteilung des Luftdrucks.

Wir kennen nun die Grundzüge der Windverteilung in Chile und Westpatagonien. Der Norden gehört der Ost-, der Süden der Südseite des barometrischen Maximums an, im Norden herrschen daher passatartige S- und SWwinde, im Süden äquatoriale Winde vor; je weiter wir nach Norden kommen, um so seltener werden

1) Studien zum Klima der Mittelmeerländer. Pet. Mitt. Ergänzungsheft 58. S. 19.

2) Vgl. auch Anuario hidrográfico de la marina de Chile V 108.



die Nordwinde, je weiter nach Süden, um so seltener die passatartigen Südwinde; jene mögen unter 25°, diese unter 45° gänzlich verschwinden. Die südlichen Winde greifen im Sommer, die nördlichen im Winter weiter aus, so dass im nördlichen Teile des Landes überhaupt nur im Winter Nordwinde vorkommen. Aber es findet nicht etwa eine einfache Verschiebung der beiden Zonen statt; im Sommer treten, ungefähr unter 37°, die südlichen und nördlichen Winde beide in reicher ungestörter Entfaltung unmittelbar neben einander, im Winter werden sie, in Folge der geringeren Schärfe und Constanz der barometrischen Gegensätze, etwa zwischen 25 und 37° durch eine Zwischenzone getrennt, in welcher Süd- und Nordwinde mit einander abwechseln und beide eine viel schwächere Entwicklung besitzen.

Am Lande selbst zeigt die Verbreitung der Winde nicht dieselbe Einfachheit und Klarheit, weil die Gestaltung der Küste und der Gebirge sowie die vielerlei örtlichen Gegensätze zahlreiche Modificationen bewirken. So kommt es, dass in Copiapó fast nur West- und Nordwestwinde, in Puerto Montt Nord- und Südwinde herrschen, dass sich die Winde Coquimbos sowohl von denen Calderas wie Valparaisos bedeutsam unterscheiden, dass Valdivia und Corral oft gleichzeitig ganz verschiedene Windrichtungen zeigen [1]).

Noch wichtiger sind die Abänderungen, welche in dem Temperaturgegensatze von Land und Meer ihre Ursache haben. Im Gebiete der polaren Winde ist die tägliche Periode derselben mit einer Regelmässigkeit entwickelt, welche fast keinem Reisenden entgehen konnte. Harding [2]) und Philippi [3]), um nur einige Beispiele anzuführen, constatieren dieselbe für die Wüste Atacama, Don Ramon Vidal Gormaz [4]) für die bolivianische Küste,

1) Vidal Gormaz im Anuario hidrográfico V 1879. S. 98 ff.

2) Journal of R. Geogr. society 47 (1877).

3) Reise in die Wüste Atacama S. 154.

4) Anuario hidrográfico II 1876. p. 86.

Meyen [1]) und Gilliss [2]) für Valparaiso, der letztere auch für Santiago [3]), La Pérouse [4]) für Concepcion, Pöppig [5]) und Martin [6]) für Südchile, Darwin [7]), Pissis [8]) und Mac Rae [9]) fanden sie in Andenthälern entwickelt, Fitz-Roy [10]) bespricht sie sowohl bei der Beschreibung von Südchile wie von Mittel und Nordchile wie von Peru, ohne wesentliche Unterschiede hervorzuheben, und Pissis [11]) fasst in einer Darstellung den täglichen Windwechsel des ganzen Landes zusammen.

Zwischen 9 und 10 U. Vm. [12]) springt der Südwestwind (virazon) auf, nimmt bis 2 oder 3 U. Nm. an Stärke zu und wird dann wieder schwächer, bis bei Sonnenuntergang Windstille eintritt. Die Nacht über hält entweder die Windstille an oder es erhebt sich ein leichter Landwind (terral, im Süden puelche), der sich bei Sonnenaufgang wieder legt. Der Landwind wird zuerst an der Küste verspürt und pflanzt sich gegen die Anden fort, der Seewind, der schon an der Küste, besonders in schmalen Buchten, oft eine ziemliche Stärke besitzt, weht

---

1) Reise um die Erde I 203.

2) U. S. Naval astronomical expedition to the southern hemisphere. Washington 1855. I p. 81.

3) a. a. O. VI. p. 405. Vgl. Anales de la Universidad 1861 II p. 658 f.

4) Voyage autour du monde II 80.

5) Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrom I 168 ff.

6) Nach handschriftlicher Mitteilung. Eine Tabelle der täglichen Windperiode in Ancud im Jahre 1874 s. Memoria del Interior 1875 S. 158 f.

7) Reise um die Welt. Uebersetzung von Carus S. 413.

8) Anales de la Universidad 1851 p. 31.

9) Gilliss a. a. O. I. p. 87.

10) Narrative II App. p. 183 f. 227. 269 f.

11) Geografía física de la republica de Chile p. 203 ff.

12) Vgl. die Darstellung von Hann Zeitschrift für Meteorologie V. S. 439.

in den höheren Teilen der Anden mit solcher Heftigkeit, dass er Steine von der Erde aufhebt [1]). Burmeister [2]) hatte zwischen Catamarca und Copiapó, Pissis [3]) in den Anden von Santiago, Darwin [4]) auf dem Kamme der Peuquenes unter Weststürmen zu leiden. Wir enthalten uns jeder Vermutung, ob diese Westwinde, deren Vorkommen übrigens nur für den Sommer sicher erwiesen ist, in der That nur als aufsteigende Gebirgswinde anzusehen sind, oder ob sie einer allgemeinen Strömung der höheren Schichten der Atmosphäre angehören.

Der sogenannte Seewind ist nichts als die allgemeine südliche Luftströmung, welche abseits der Küste auch in der Nacht fortdauert [5]). Während sie am Meeresspiegel etwa unter einem Winkel von 22° gegen das Land weht [6]), wird sie, soweit ihre Richtung nicht durch die Bodenconfiguration bestimmt wird, landeinwärts, also auf den nördlichen Hochebenen und in der Höhe der Anden, immer westlicher. Im Norden spielen die Seewinde, nach den mir mit grosser Freundlichkeit mitgeteilten Untersuchungen des Herrn Konsul Ochsenius, eine geologisch interessante Rolle. Sie haben die specifisch leichten, d. h. phosphatfreien Guanoteile von der Küste über die Küstenkordillere hinaufgeweht, jenseits derselben fallen lassen und so, zusammen mit der flüssigen Mutterlauge, welche von den Anden herabgespült wurde, das Material für den Natronsalpeter zwischen Arica und Caldera geliefert.

Die tägliche Periode der Winde, die ihre starke Aus-

---

1) Gilliss a. a. O. S. 87. Domeyko Anales de la Universidad 1851 p. 217.

2) Pet. Mitth. 1860 S. 369 ff.

3) Anales de la Universidad 1851 p. 31.

4) Reise um die Welt. Uebersetzung von Carus S. 370 f.

5) Fitz Roy Narrative II App. p. 227.

6) Vgl. Findlay A directory for the navigation of the South Pacific Ocean 4. ed. London 1877. p. 968.

bildung dem doppelten Gegensatz von Ocean und Küste, von Niederung und hohem Gebirge verdankt, ist regelmässig doch nur im Gebiete der polaren Winde entwickelt; im südlichen Teile des Landes und im Winter erleidet sie zahlreiche Ausnahmen. Die äquatorialen Winde haben ihren Grund in dem niederen Luftdruck der höheren Breiten und sind zu kräftig entwickelt, um die Druckunterschiede zwischen Land und Meer zur Geltung kommen zu lassen.

Der Windwechsel in ihrem Bereich erfolgt nach durchaus anderen Gesetzen, deren Erkenntnis erst eine Errungenschaft der letzten Jahrzehnte ist. Der Sturz der älteren Windtheorie, nach welcher die entgegengesetzten Winde in den gemässigten Breiten geradlinig neben einander herfliessen, ging von dem Studium der Stürme aus[1]), die man als spiralförmige Bewegungen der Luft um barometrische Depressionen auffassen lernte, und die man darum als Cyklonen oder Wirbelstürme bezeichnete. Bald zeigten die synoptischen Witterungskarten, dass die Stürme sich von den gewöhnlichen Winden nur durch ihre Stärke unterscheiden, dass die wandernden atmosphärischen Wirbel, welche man als Ausnahme betrachtet hatte, vielmehr fast immer vorhanden sind. Daneben entdeckte man Gebiete hohen Luftdrucks mit allseitig abfliessenden Winden, die sogenannten Anticyklonen, die im Gegensatze zu den immer wandernden Cyklonen eine gewisse Beständigkeit besitzen. Das Wetter in den Vereinigten Staaten, über dem nordatlantischen Ocean, in Europa ist durchaus von dem Wechsel solcher Cyklonen und Anticyklonen beherrscht. Es ist fraglich, ob daneben die mittlere Verteilung des Luftdrucks und der Winde, welche auf den Karten der Monatsisobaren erscheint, überhaupt eine selbständige Bedeutung besitzt, oder ob der mittlere Zustand der Atmosphäre nur ein Mittelwert aus den Einzelzuständen

1) Vgl. Supan, Untere Luftströmungen S. 11.

ist, welche durch die Bildung barometrischer Maxima und die Bewegung der Depressionen hervorgerufen werden. Wo sich dieselben immer in derselben Weise geradlinig bewegen, werden die Isobaren als gerade Linien verlaufen, auf dem nordatlantischen Ocean, dessen Minima teils aus der Baffinsbai und Davisstrasse, teils aus den Vereinigten Staaten oder Canada, teils aus den tropischen Teilen des Oceans kommen und denselben in ebenso verschiedenen Richtungen wieder verlassen [1]), wird sich in der Kreuzungsgegend dieser Depressionen auch im Monatsmittel ein Minimum ausdrücken, von dem aus der Luftdruck nach allen Seiten zunimmt.

Es war natürlich, dass man die neuen Erfahrungen auf die gemässigte Zone der südlichen Halbkugel übertrug und den niedrigen Luftdruck der antarktischen Gegenden aus zahlreichen und tiefen Barometerdepressionen erklärte [2]). Neuerdings hat Andries dagegen Einspruch erhoben; wesentlich von theoretischen Vorstellungen über die Entstehung der Cyklonen ausgehend, sucht er wahrscheinlich zu machen, dass sich die Luft hier nicht in spiralförmigen Bahnen, sondern im allgemeinen geradlinig bewege [3]). Ist denn aber die Theorie der atmosphärischen Wirbel wirklich schon so ausgebildet, dass wir sie für derartige Folgerungen benützen können? Gerade die Anschauung, auf welche Andries sich stützt, die Erklärung der Depressionen über dem nordatlantischen Ocean aus der cyklonischen Luftbewegung, welche um denselben herum stattfinde, kann als beseitigt gelten, seit Hoffmeyer nachgewiesen hat, dass von diesen Depressionen nur ein kleiner Bruchteil selbständig auf dem nordatlantischen Ocean entsteht [4]). Hann, auf dessen Ausführungen sich Andries

1) Hoffmeyer, Annalen für Hydrographie 1880. S. 292. ff.
2) S. z. B. Mohn, Zeitschrift für Meteorologie XI. S. 20.
3) Zeitschrift für Meteorologie XV. S. 427 f.
4) Annalen für Hydrographie 1880. S. 292 f.

beruft, betrachtet übrigens als wesentliche Bedingung für das Auftreten von Cyklonen nur das Vorhandensein zweier barometrischer Maxima und zweier entgegengesetzter Luftströme[1]). In den höheren Breiten der südlichen Hemisphäre begegnen aber in der That, wie die Windtabellen von Coffin oder Supan leicht erkennen lassen, die nordwestlichen und westlichen, von dem subtropischen Maximum ausgehenden Winde östlichen und südlichen Winden, welche rings um den Pol das antarktische Gebiet hohen Luftdrucks umgeben, so dass uns die Theorie nicht hindert, an der Entstehung von Wirbelstürmen in diesen Gegenden zu zweifeln. Ebensowenig haben wir einen Grund zu leugnen, dass die Stürme der Tropen auch in der südlichen Hemisphäre bis in höhere Breiten vordringen können.

Alle Beobachter fanden in jener Zone vorherrschender nördlicher bis westlicher Winde das Dovesche Drehungsgesetz sehr scharf ausgeprägt[2]). Nach der Schilderung von King[3]) pflegt der Wind südlich vom Kap Horn mit mässiger Stärke im Norden zu beginnen. Allmählich wird er stärker und erhält zugleich immer mehr eine westliche Richtung. So stürmt er 12 bis 50 Stunden zwischen N und NW und springt manchmal plötzlich in SW um, um mit noch vermehrter Heftigkeit zu wüten. Die SWwinde dauern im allgemeinen mehrere Tage und werden allmählich schwächer. Dann beginnen nördliche Winde von neuem, und so findet im Sommer beständig der Windwechsel zwischen N und SW statt.

Wir kennen für eine solche regelmässige Winddrehung keine andere befriedigende Erklärung als durch vorbeiziehende Depressionen. Da nun diese Winddrehung nach

---

1) Zeitschrift für Meteorologie XII 308 f. Vgl. XV 313 ff.

2) S. Dove, Gesetz der Stürme. 3. Aufl. S. 97 f.

3) South America Pilot II 7. Vgl. Findlay South Pacific directory S. 50 u. 959.

den vorliegenden Berichten nicht als eine Unterbrechung, sondern vielmehr als die Regel erscheint, dürfen wir auch die regelmässige Aufeinanderfolge der Depressionen als das Typische in der Witterung dieser Breiten betrachten. Die Depressionen scheinen sich, wie auch aus dem Verlaufe der Isobaren hervorgeht, nahezu in westöstlicher Richtung zu bewegen. Der Vorübergang des Centrums erfolgt, während sich der Wind von NW nach WSW dreht; erfolgt er in grosser Nähe des beobachtenden Schiffes, so geschieht die Winddrehung in einem plötzlichen Sprung.

Der Windwechsel an der Westküste von Patagonien und Südchile gehorcht im ganzen denselben Gesetzen, wie besonders die schönen Darstellungen von Lartigue[1]), Fitz Roy[2]) und Vidal Gormaz[3]) beweisen.

Wenn sich der Himmel während der Kalmen, die hier von kurzer Dauer sind, überzieht, so springt eine frische Brise von N oder NNE auf; allmählich wird der Wind stärker und geht zu NNW und NW über; von hier fliegt er gewöhnlich zu WSW und erreicht nun seine grösste Stärke; wenn WSW einige Zeit stossweise geweht hat, wendet er sich nach SW und manchmal, aber selten, auch nach SSW und sogar SSE.

Der Uebergang der nordwestlichen in die südwestliche Richtung verdient besondere Beachtung. Gewöhnlich erfolgt er, durch eine Aufklärung des Himmels im Südwest, das sogenannte Auge des Sturmes, angekündigt[4]), in wenigen

---

1) Lartigue dépot général de la marine 1824; benützt nach Findlay South Pacific directory p. 960 f.

2) Fitz Roy Narrative II App. p. 163 ff.

3) Vidal Gormaz in Memoria de marina 1870 p. 320 f. (wieder abgedruckt in den Anales de la Universidad 1870. Bd. 36 S. 78 ff.) und Anuario hidrográfico V 1879 S. 98 ff. Die Darstellung in The coasts of Chile, Bolivia and Peru U. S. Hydr. office N. 59 Washington 1876 scheint auf den vorigen zu beruhen.

4) Fitz Roy a. a. O. S. 163. An. hidr. V 98 ff. Coasts S. 14.

heftigen Stössen. Wenn der Uebergang, wie besonders im Winter mitunter vorkommt, allmählich geschieht, so wendet sich der Wind bald wieder nach NW zurück [1]). Eine solche Rückkehr tritt auch dann ein, wenn bei dem Sprung von NW zu WSW der Wind schwächer wird und das Barometer langsam fällt [2]). Die rückläufigen Bewegungen erfolgen nie plötzlich, sind aber immer von schlechtem Wetter und starken Winden begleitet [3]). So geht der Wind zwischen NW und SW oft Tage [4]), nach Fitz Roy [5]) sogar Wochen lang hin und her [6]).

Von einer Deutung dieser Erscheinungen müssen wir absehen. Denn wenn auch die neuesten Untersuchungen helleres Licht über die Böen verbreitet und gezeigt haben, dass dieselben auf der Nordwestseite der Depressionen (auf der südlichen Halbkugel) und bei der Annäherung derselben an hohe Gebirge besonders häufig sein müssen [7]), wenn wir auch die rückläufigen Drehungen mit einer Ausbildung von Teilminima auf der Westseite der Hauptminima oder mit einer raschen Aufeinanderfolge mehrerer Minima in Zusammenhang bringen können, so sind wir doch nicht imstande, diese Vermutungen für Chile durch Thatsachen zu erhärten und in bestimmte Beziehung zu den gegebenen Verhältnissen zu setzen. Der um die Geographie Chiles so verdiente Vidal Gormaz, welcher ebenfalls die Cyklonennatur der südchilenischen Stürme erkannt hat,

1) Lartigue bei Findlay 960. An. hidr. V 98 ff. Coasts 14.

2) ibidem. The Coasts 15 f.

3) Fitz Roy a. a. O. 163. An. hidr. V 98 ff.

4) Anuario hidrográfico V 98 ff.

5) Narrative II App. 163.

6) Auf diese rückläufigen Drehungen ist es wohl zurückzuführen, dass man in Valdivia das Dovesche Drehungsgesetz nicht bestätigt zu finden glaubte. S. Annalen d. Hydrographie IV 341.

7) Köppen, Beiträge zur Kenntnis der Böen und Gewitterstürme. Zeitschrift für Meteorologie. XIV 462.

meint allerdings aus der grossen Häufigkeit der Westwinde schliessen zu dürfen, dass die Depressionen die Anden nicht überschreiten, sondern bei der Annäherung an die Küste und das Gebirge aufgelöst oder sehr verändert nach Süden abgelenkt werden [1]). Diese Vermutung kann doch jedenfalls nur für die Fälle richtig sein, in welchen sich das Minimum in so niederen Breiten bewegt, dass es das Festland überhaupt noch berührt; das sind aber, wie wir noch sehen werden, die seltneren Fälle, wenngleich diejenigen, welche in Südchile die heftigsten Stürme hervorrufen. So lange wir also nicht wissen, ob diese Sprünge und rückläufigen Drehungen zwischen NW und SW nur bei starken Stürmen oder auch bei schwächern Winden vorkommen, sowie ob dieselben der Westküste überhaupt eigentümlich sind oder sich auch südlich vom Kap Horn finden, werden wir auf derartige Folgerungen verzichten müssen.

Eher können wir über eine andere Erscheinung Rechenschaft geben. Südlich vom Kap Horn hört der Wind im SW auf [2]); nach Lartigue, dessen Bemerkungen sich auf den südlichen Teil von Patagonien zu beziehen scheinen, dreht er sich, wenngleich selten, bis SSE [3]); an der Küste Chiloes und des Chonosarchipels beobachteten Fitz Roy [4]) und Vidal Gormaz [5]), dass der Wind erst in SE allmählich abstirbt; dann folgen mehrtägige Windstillen mit hohem Barometerstand [6]). Wir erkennen darin eine Abhängigkeit von der geographischen Breite. Sobald das Barometer mit SW gestiegen ist und das Minimum aufhört, seine Anziehung auszuüben, tritt eine vorübergehende Beziehung zu

1) Anuario hidrográfico V 98 ff.
2) The South America Pilot II 7.
3) Findlay South Pacific directory p. 960.
4) Narrative II App. 163.
5) Anuario hidrográfico V 98 ff.
6) ibidem. The coasts 15.

den nördlichen Gegenden mit niederem Luftdruck ein. Je weiter nördlich wir kommen, um so mehr wird die Unterbrechung zur Regel, umsomehr erscheinen umgekehrt die N- und NW-stürme als Ausnahme unter den S und SWwinden, in welche sie über W übergehen. Die grossen Wirbelstürme erstrecken sich im Allgemeinen nur bis zum Parallel von Lebu (37° 40') [1]).

Die Minima ziehen, wie aus dem Vorherrschen der äquatorialen Winde hervorgeht, meist in höheren Breiten, südlich vom Kap Horn. Jedoch darf das nur als die Regel betrachtet werden. Vidal Gormaz erzählt, leider ohne Breitenangabe, dass der Wind mitunter plötzlich von NW nach SW umspringt, und dass dann im Momente vor dem Wechsel eine kurze Windstille mit starkem Regen herrscht, sowie dass weiter seewärts die Stürme manchmal mit NE beginnen und allmählich in E, SE, S und SW übergehen [2]). In ersterem Falle befand sich das Schiff im Centrum, in letzterem auf der rechten Seite des Wirbels.

Im Winter liegen die Bahnen der Minima im allgemeinen nördlicher als im Sommer. Daher kommt es, dass im Winter die Stürme bis in grössere Nähe des Aequators fühlbar sind, dass die Winde der rechten Wirbelseite, die Süd- und Ostwinde, dann eine grössere Häufigkeit besitzen.

Die Ostwinde an der Küste sind zum Teil mit denselben verwandt. Das gilt allerdings nicht von den heissen Oststürmen der südlichen Anden, welche im Sommer spät nach Sonnenuntergang einsetzen und 18 bis 24 Stunden, ja zwei Tage lang wüten, und deren hohe Temperatur Pöppig aus den Pampas ableitete [3]). Von ihnen durchaus verschieden erscheinen die eisigkalten Oststürme des Winters, welche im Längsthale und an der Küste weder oft

1) Memoria de marina 1870 p. 320 ff.

2) Anuario hidrográfico V 98 ff. Vgl. Coasts of Chile p. 17.

3) Pöppig Reise I 308 f.

noch lange andauernd, aber mit grosser Heftigkeit wehen [1]). Lartigue erzählt, dass diese Oststürme durch Kalmen angekündigt werden, welche auf starke regenreiche WNW- und Wwinde folgen, und dass sie sich nach einigen Stunden mit verminderter Stärke nach NNE und E wenden [2]). Sie brechen also dann herein, wenn ein barometrisches Minimum die Küste erreicht hat, und sind eine Folge des grossen dann vorhandenen Druckunterschiedes, Die Minima kommen nur im Winter in so niedere Breiten, und darum sind auch diese mistralartigen Stürme auf den Winter beschränkt.

Die verschiedene Lage der Depressionen giebt uns auch den Schlüssel für die jährliche Periode der Barometerschwankungen, welche in Chile, soweit wir aus dem vorhandenen Material ersehen können, Ende Herbst und Anfang Winter am grössten sind. Die Intensität der Minima übt darauf keinen Einfluss; sie scheint im Gegenteil im Sommer am grössten zu sein, denn in höheren Breiten sollen die Sommerstürme die Winterstürme noch an Heftigkeit übertreffen [3]). Für die mittleren Breiten verwischen sich diese Unterschiede, für sie ist allein die Entfernung der Depressionen massgebend. In den Jahren 1869—74 war der tiefste Barometerstand in Valparaiso in 46 ^{m} Höhe 749,0 ^{mm}, in Valdivia in 17 ^{m} 739,4 ^{mm}, in Punta Arenas sank das Barometer allein im Jahre 1872 bis 720 ^{mm}. Die niedrigste Isobare bezeichnet die Gegend, in welcher sich die meisten barometrischen Minima bewegen; die Zunahme des Luftdrucks nach dem subtropischen Maximum ist ein Ausdruck für die wachsende Entfernung von dieser mittleren Bahnlinie.

---

1) Vidal Gormaz Anales de la Universidad 1872 I (Bd. 41) S. 322. Pöppig Reise I 308 f.

2) Findlay South Pacific directory 960.

3) South America Pilot II 7. Simpson in den Anales de la Universidad 1876. p. 630.

Hier müssen wir stehen bleiben; erst synoptische Witterungskarten können uns volle Kenntnis gewähren. Wir dürfen zwar nicht hoffen, dass man die Stürme je regelmässig wird beobachten können, ehe sie die amerikanische Küste erreichen; aber von da an wird später, hoffen wir, auf beiden Seiten der Anden, von dem Wendekreise bis zur Südspitze des Festlandes gleichzeitig die Aufmerksamkeit vieler Beobachter auf sie gerichtet sein. Dann werden wir uns über Zahl und Ausdehnung, über Richtung und Geschwindigkeit, über Herkunft und Verlauf dieser Depressionen näher unterrichten können. Heute besitzen wir südlich von Ancud nur anderthalbjährige zuverlässige Barometeraufzeichnungen, welche keine weitergehenden Schlüsse erlauben.

Auch in anderer Beziehung können wir heute zu keinem Abschluss gelangen. Wir gingen davon aus, dass sich südlich des Wendekreises ein Gebiet hohen Luftdrucks befindet, und wir schlossen mit der Auffindung barometrischer Minima in höheren Breiten. Aus diesen beiden Thatsachen bestrebten wir uns, die bunte Manigfaltigkeit der Verteilung der Winde und des Verlaufs der Witterung zu verstehen. Die Lage und die Eigentümlichkeiten des barometrischen Maximums versuchten wir aus bekannten meteorologischen Principien zu erklären, wenngleich wir eingestehen mussten, dass unsere Erklärung nur auf den Rang einer Vermutung Anspruch erheben könne; von einer Erklärung der Bahnen und Eigenschaften der Depressionen müssen wir bei dem heutigen Stande der Meteorologie noch absehen.

Die Humboldtströmung.

Als Humboldt im Jahre 1802, von dem Hochlande von Caxamarca herabsteigend, in dem regenlosen Littoral von Peru den stillen Ocean erreichte, fand er zu seinem grössten Erstaunen eine viel niedrigere Temperatur der

Meeresoberfläche, als dieser Breite entspricht. Da die Luft 7° wärmer als das Meer war, konnte die Ursache der merkwürdigen Abkühlung nicht in atmosphärischen Vorgängen gesucht zu werden. Diese Beobachtung führte Humboldt zu dem folgenreichen Gedanken, dass die den Schiffern längst bekannte nördliche[1]) Küstenströmung eine Polarströmung sei, welche von hohen Breiten niederen zueile; bei wesentlich nordnordwestlicher Richtung folge sie doch den Hauptbiegungen der Küste, verlasse dieselbe plötzlich bei Kap Blanco, wende sich gegen Westen und mische sich der allgemeinen Aequinoctialströmung bei[2]).

Im Jahre 1831 veröffentlichte Duperrey, welcher kurz zuvor auf der Coquille die Welt umsegelt hatte, seine Karte der Oberflächenströmungen des südlichen stillen Oceans[3]), auf der er die Stromversetzungen, welche von Cook (2. Reise), La Pérouse, Marchand, d'Entrecasteaux, Krusenstern, Freycinet, Bougainville und Beechey sowie von ihm selbst beobachtet worden waren, durch Pfeile ausdrückte und die Strömungen einzeichnete, welche er danach zu erkennen glaubte. Eine nordöstlich gerichtete antarktische Strömung nähert sich Südamerika zwischen 30° und 47° s. Br.; in der Nähe des Festlandes teilt sie sich, der schwächere Arm fliesst an der patagonischen Westküste nach Süden und umfliesst dann das Feuerland, der mächtigere nördliche fliesst an der Küste von Peru nach Norden und geht dann in den Aequatorial-

1) Die Richtung der Meeresströmungen wird, im Gegensatze zu der der Winde, durch die Himmelsgegend bezeichnet, nach welcher sie fliessen. — Die geographischen Längen beziehen sich auf den Meridian von Greenwich, die Entfernungen sind in Seemeilen (60 = 1 Aequatorgrad), die Tiefen in Metern, die Temperaturen nach Celsius gegeben.

2) Berghaus, Länder- und Völkerkunde 1837, Bd. I, S. 576 und 582, nach Humboldt's Manuskript.

3) Voyage de la Coquille. Hydrographie et physique, p. 164.

strom über. Humboldt adoptierte diese Darstellung in seinem Memoire über die Meeresströmungen, welches zum Teil in Berghaus Länderkunde (Bd. I, S. 575 ff.) veröffentlicht ist.

Berghaus physikalischer Handatlas [1]) bedeutet einen weiteren Schritt zu der heute üblichen Darstellungsweise. Im Oktober 1823 hatte das preussische Seehandlungsschiff Mentor zwischen 26° 21′ s. Br. 74° 29′ w. L. und 20° 13′ s. Br. 83° 7′ w. L. Gr. bei herrschendem Südostwind eine entschieden östliche Meeresströmung gefunden, welche das Schiff in sechs Tagen um 45′ gegen Osten versetzte. An den folgenden Tagen waren keine sicheren Beobachtungen möglich, jenseits 13° 17′ s. Br. 94° 19′ w. L. war die Strömung westwärts gerichtet. Berghaus sah jene Strömung als eine nördliche Fortsetzung der von La Pérouse 1786 zwischen 29° und 30° s. Br. beobachteten östlichen und nordöstlichen Strömung an und construierte, unter Berücksichtigung der Beobachtungen von Bougainville, Kotzebue, Lütke und Duperrey, welche in dieser Gegend ebenfalls nördliche und östliche Stromversetzungen erfahren hatten, einen wohlbegrenzten Strom, welcher zwischen 90° und 100° w. L. aus der antarktischen Trift entspringt und dem Humboldtstrom nahezu parallel fliesst.

Diese Strömung hat in etwas einfacherer, aber schematischer und jenen Beobachtungen nicht mehr entsprechender Gestalt als Mentorstrom auf den meisten Karten Aufnahme gefunden und wird von Kerhallet [2]) auf Grund der Beobachtungen von Du Petit Thouars als eine warme Strömung bezeichnet, während doch der Humboldtstrom

1) Abteilung II, Hydrographie, Blatt 4 (Karte des grossen Oceans). Vgl. Berghaus, geographischer Almanach 1837, S. 315 f.

2) General examination of the Pacific Ocean 1869 (nach der 2. Auflage des französischen Originals 1855), S. 65.



bei gleicher Richtung und in so geringer Entfernung eine besonders niedrige Temperatur besitzt. Diese auffallende Erscheinung fordert uns zu näherer Untersuchung der Strömung auf. Berghaus hatte derselben mit gutem Grunde keine so bestimmte Form gegeben, weil das preussische Schiff Louise in SW, Krusenstern im NE des angenommenen Stromes Versetzungen erfahren hatten, welche der Richtung desselben beinahe entgegengesetzt waren [1]). Die Annahme einer andauernden, flussartigen Bewegung des Meeres an dieser Stelle kann überhaupt nicht als glücklich bezeichnet werden; Findlay hat den Mentorstrom mit Recht auf seiner Karte weggelassen und damit im wesentlichen die Duperreysche Darstellnng wiederhergestellt [2]).

Die östliche Strömung, welche nach derselben an die amerikanische Küste tritt, fällt mit der Zone der vorherrschenden Westwinde zusammen. Ihre Richtung, die zwischen NE und SE wechselt, und ihre Geschwindigkeit sind, wenigstens südlich vom Kap Horn, wo wir sie allein genauer kennen, in jedem einzelnen Falle von der Richtung und Stärke des Windes abhängig [3]). In den höheren Breiten hat sie, wie schon durch das Treibeis angezeigt wird, eine mehr nordöstliche [4]), weiter nördlich eine mehr südöstliche Richtung [5]). Die Beobachtungen der Gazelle zwischen 45° und 52° s. Br. deuten darauf hin, dass diese Richtung in einiger Tiefe auch dann bestehen bleibt, wenn sich das Wasser an der Oberfläche nach Ost oder Nord-

---

1) S. die Berghaussche Karte.

2) South Pacific Directory. Vgl. S. 1009 Anm.

3) S. z. B. Foster, voyage of the Chanticleer II, S. 268 ff. Fitz Roy, South America Pilot II, 4 f.

4) Vgl. Findlay, South Pacific directory, p. 995.

5) Wind and Current charts for Pacific, Atlantic and Indian Oceans. Compiled by Evans and Hull 1872.

ost bewegt [1]). Sonst besitzen wir keine Angaben über den Tiefgang der Strömung; wenn Duperrey einen wohlbegrenzten antarktischen Strom zeichnete, oder wenn Kerhallet eine antarktische Trift scharf von einer östlichen Tiefenströmung unterschied, so waren wohl weniger Thatsachen als theoretische Anschauungen für sie massgebend. Wir haben keinen Grund, innerhalb dieser östlich fliessenden Wassermassen einen derartigen Unterschied in Tiefe und Charakter anzunehmen.

Beim Anprall an die Küste werden diese Wassermassen nach den geläufigen Darstellungen [2]) im nördlichen Teile nach Norden, im südlichen nach Süden abgelenkt; an der patagonischen Westküste entlang soll also etwa von Chiloe ab eine südliche Strömung fliessen, welche das Feuerland umzieht und sich jenseits des Staatenlandes nach Osten fortsetzt. Man hat dieser ganzen Strömung den Namen Kap-Hornstrom gegeben, den man doch eigentlich auf die Strömung südlich des Feuerlandes hätte beschränken sollen. Dass in diesem engeren Sinne die Strömung wirklich existiert, unterliegt keinem Zweifel, wenngleich sie vielleicht bloss eine Oberflächentrift ist, unter welcher im Osten die warme brasilianische Strömung hinfliesst [3]). Die patagonische Küstenströmung findet sich zuerst auf der Karte von Duperrey, während doch keiner der Reisenden, nach deren Beobachtungen er dieselbe bearbeitet hat, sich so nahe der Küste gehalten hat, um die Strömuug überhaupt beobachten zu können. In etwas grösserer Entfernung von der Küste sind die Strömungen vorwiegend östlich und wechseln zwischen NE und SE ebenso wie süd-

---

1) Annalen für Hydrographie, 1876, Bd. IV, S. 238 f.

2) Vgl. Findlay a. a. O., Berghaus, Chart of the world u. s. w.

3) Mühry in Petermanns Mittheilungen 1872, S. 126 ff. Findlay, a. a. O. S. 998 f. u. S. 1030. Annalen der Hydrographie. 1876, S. 232.

lich vom Kap Horn. Auch die Karte von Berghaus zeigt seewärts östliche Strömungen, die allerdings meist etwas südöstlich sind, während an der Küste schon nordwärts von 50° s. Br. nördliche Strömungen eingezeichnet sind. Nur Fitz Roy[1]) berichtet uns, dass bei Chiloe und dem Chonosarchipel die geringe Strömung, die überhaupt zu fühlen sei, ausser während und nach starken oder dauernden südlichen Winden, südwärts setze, jedoch auf Schiffe, die sich ausserhalb der Dreihundertfadenlinie befänden, nur einen höchst unbedeutenden Einfluss ausübe. An derselben Stelle hatte, wie Humboldt erzählt, der spanische Schiffskapitän Moraleda eine langsame nördliche Strömung gefunden[2]), und Pöppig berichtet, dass man in der Breite von Chiloe periodisch eine nordwestliche Strömung beobachtet[3]). Wir sind also nach den vorhandenen Beobachtungen nicht berechtigt, an der patagonischen Küste eine constante südliche Strömung einzuzeichnen, wennschon wir ebensowenig ihre Existenz mit Sicherheit leugnen können. Keinenfalls ist dieselbe so bedeutend, wie sie die bisherigen Darstellungen erscheinen lassen. Der eigentliche Kap-Hornstrom ist nicht die Fortsetzung einer amerikanischen Küstenströmung, sondern ein Glied der allgemeinen östlichen Strömung, welche durch jene etwas verstärkt werden mag.

Die nördliche Strömung an der Küste von Nordchile und Peru ist allgemein anerkannt und trägt mit Recht den Namen Humboldts, obgleich schon vor Humboldt die spanischen Seefahrer dieselbe zu benutzen und zu vermeiden gelernt hatten. Ueber ihre Eigenschaften und ihre

---

1) Narrative of the surveying voyages of Adventure and Beagle, II App., p. 164.

2) Berghaus, Länderkunde I, S. 581.

3) Pöppig, Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrom, I, S. 285.

4) Berghaus, Länderkunde I, S. 575.

Ausdehnung gehen die Ansichten allerdings weit auseinander.

Die abweichendste Darstellung findet sich bei Witte[1]), welcher die Humboldtströmung für eine warme Strömung erklärt, an deren rechter Flanke kaltes Grundwasser zu Tage trete (S. 42). Er erhält dieses Resultat, indem er z. B. die Beobachtung des Challenger, dass die Oberflächentemperatur unter 40° s. Br. im östlichen Teile des südlichen stillen Oceans etwas höher sei als im westlichen, australischen, auf die Küstengegend im Gegensatz zum offenen Meere deutet (S. 43, Anm. 6), während er eine Bemerkung von Scott, worin von etwas kühlerem Küstenklima gegenüber den weiter auf See gefundenen Temperaturen die Rede ist, ganz gegen den Sinn des Autors auf die unmittelbarste Küstennähe bezieht (S. 43, Anm. 1). Von seinen Auseinandersetzungen bleibt nur die eine übrig, dass hier die Lufttemperatur niedriger sei als die Temperatur der Meeresoberfläche, eine Thatsache, die er natürlich sofort wieder für seine warme Meeresströmung verwertet.

Scott constatiert dieselbe Thatsache auf Grund des Materials, welches die Temperaturbeobachtungen der englischen Schiffe geliefert haben. Auch er sieht die Ursache der niedrigen Temperaturen der Küstengegenden nicht wie Humboldt in dem Vorhandensein einer kalten Meeresströmung, sondern in dem beständigen, nur im Juli und August unterbrochenen Vorherrschen südlicher Winde.

Die Beobachtungen, welche bei Scott zusammengestellt sind, zeigen für die offene See südlich von 30° allerdings einen Ueberschuss der Lufttemperatur über die

---

1) Ueber Meeresströmungen. Programm der Fürstenschule zu Pless 1878 und 1879.

2) Contributions to the meteorology of Cape Horn and the West coast of South America, London 1871.

Meerestemperatur; in der Nähe der Küste aber, wo die Strömung doch gerade entwickelt sein soll, sind sie zu selten, um etwas auszusagen. Indessen fanden Tessan [1]), Darondeau [2]) und die deutsche Korvette Elisabeth (Kapitän v. Wickede,[3]) etwa erst nördlich von Callao das Meer im täglichen Mittel kälter als die darüberliegende Luftschicht, während Duperrey [4]) dieselbe Beobachtung schon von Talcahuano an machte. Dass bei Callao, Payta, Guayaquil und westlich davon bei den Galápagos das Meer kühler ist als die Atmosphäre, ist eine seit Humboldt bekannte und immer wieder bestätigte Thatsache [5]), welche durch die eine entgegenstehende Beobachtung des Kapitän Scharfe [6]) nicht erschüttert wird.

Aus dem Ueberschusse der Meerestemperatur über die Lufttemperatur an der chilenischen Küste folgt jedoch nicht, dass im Meere abkühlende Einwirkungen fehlen oder dass gar erwärmende vorhanden sind, sondern nur, dass die abkühlenden Einflüsse schwächer sind als in der Atmosphäre. Es ist möglich, dass hier keine kalte Meeresströmung existiert, aber es ist ebenso möglich, dass ihre Wirkung nur geringer ist als die der hier herrschenden polaren Winde. An der Küste von Peru muss dagegen eine kalte Meeresströmung vorhanden sein, deren Effekt den der südlichen Winde übertrifft, obgleich die Häufigkeit derselben hier eine noch grössere geworden ist. Der abkühlende Einfluss einer in der Richtung des Meridians fliessenden Meeresströmung wird in geringem Abstande von ihrem Ursprunge nur unbedeutend sein, aber mit der Entfernung

---

1) Voyage de la Venus. Physique, IV, p. 285 ff.

2) Voyage de la Bonite. Physique Obs. met., II, p. 324 ff.

3) Annalen für Hydrographie 1878, S. 578 f.

4) Voyage de la Coquille. Hydrographie, p. 30 ff.

5) S. die angeführten Reisewerke, Berghaus Länderkunde, Findlay, 3 ff.

6) Annalen für Hydrographie 1878, S. 66.

von demselben beständig wachsen, weil das Wasser nur langsam die Temperatur seiner Umgebung annimmt. Die Winde sind in Folge der geringeren specifischen Wärme der Luft viel weniger imstande, ihre Temperatur weit mit sich zu nehmen; ihre Wirkung wird daher auf ihrer ganzen Bahn wesentlich gleich bleiben, ja in niederen Breiten geringer werden, weil daselbst die Temperaturdifferenzen geringer sind. Aber die Meeresströmung würde ihre niedrigere Temperatur rasch der darüber befindlichen Luft mitteilen, wenn sich dieselbe wirklich in derselben Richtung bewegte. In Wahrheit aber weht der Wind nicht der Küste und der Strömung parallel, sondern hat bald auf der hohen See, bald auf dem Lande seinen Ursprung; auch wenn er, wie überwiegend der Fall ist, aus höheren Breiten kommt, muss er über der Strömung doch erwärmend wirken. Wenn wir demnach an der chilenischen und peruanischen Küste einer nördlichen Meeresströmung und südlichen Winden mit ungefähr derselben südlichen Grenze begegnen sollten, so würde im Süden die Luft, im Norden das Meer kühler sein, also das Verhältnis eintreten müssen, welches wir eben daselbst kennen gelernt haben.

Wir wissen, dass etwa vom 40. Parallelkreise ab südliche Winde vorherrschen, und in der That beginnt, wie aus der Mehrzahl der Beobachtungen hervorgeht, auch die nördliche Meeresströmung bereits an der chilenischen Küste. Schon Humboldt liess sich berichten, dass beim Chonosarchipel eine sehr langsame nördliche Strömung stattfände, deren Geschwindigkeit an der Oberfläche nur $^{3}/_{10}$ bis $^{5}/_{10}$ M. in der Stunde betrüge[1]). Duperrey hatte von 40° bis Talcuhuano merkliche Stromversetzungen zwischen N und E, von Talcahuano bis Callao und Payta nach NNW[2]), Du Petit Thouars fand schon von 48° an beträchtliche nörd-

---

1) Berghaus, Länderkunde I, S. 581.

2) Voyage de la Coquille. Hydrographie, Karte S. 165.

liche Strömungen, die als NNE begannen und nach Norden immer westlicher wurden, und ziemlich dieselbe Erfahrung machten die Korvette Elisabeth [1]) und Darondeau [2]), der die Geschwindigkeit der Strömung zwischen Callao und Payta bis auf 26 M. steigen sah; die Clorinde und die Louise [3]) hatten sogar schon von 50° an nördliche Versetzungen (vgl. S. 42). Evans trägt auf seiner Strömungskarte schon in der Breite von Chiloe nordöstliche, von Concepcion ab rein nördliche Strömungen ein.

In der Nähe des Landes und besonders in engen Kanälen ist in Folge des beständigen Druckes der Wellen aus SW [4]) die Strömung stärker als auf der hohen See. Fitz Roy bemerkte bei Mocha und Cap Rumena eine langsame nordwestliche Strömung von $^1/_2$—$1\,^1/_2$ M. in der Stunde, die 20—30 M. vom Lande kaum noch fühlbar war, aber dicht bei Mocha 2—3 M. Geschwindigkeit erreichte [5]). Vidal Gormaz bezeichnet die allgemeine Küstenströmung ausserhalb des Senkbleis als unbedeutend ($^1/_4$—$^1/_2$ M. in der Stunde), während sie zwischen den Sandbänken und der Küste 1—2 M. in der Stunde betrage. Nach Pomar entfernt sich die Strömung nie weit von der Küste, und ihre Geschwindigkeit ist nie grösser als 1 M. in der Stunde, vermehrt sich aber in den Kanälen zwischen den Uferklippen auf 2 M. und mehr [6]).

Sowohl an der Küste wie auf der hohen See erleidet die nördliche Strömung öfters Unterbrechungen. Der russische Admiral Lütke fand zwischen 44° und Concepcion nur einmal die erwartete nördliche Strömung, an den übrigen

1) Annalen für Hydrographie 1878, S. 577 ff.
2) Voyage de la Bonite. Observation météorologiques II, p. 324 ff.
3) S. Berghaus physikalischer Atlas II, T. 4.
4) Anales de la Universidad de Chile 1873 (Bd. 43), S. 32.
5) Narrative II. App., p. 185.
6) Anales 1877, p. 295.

Tagen dagegen schwache Strömungen nach E und W. Er schrieb das zuerst der grossen Entfernung vom Lande zu, aber auch zwischen Concepcion und Valparaiso, wo er sich immer in unmittelbarer Nähe der Küste hielt, beobachtete er nur eine nordwestliche, sonst aber keine oder südwestliche Stromversetzungen. Da während dieser ganzen Zeit der Südwind nur 24 Stunden, im übrigen aber leichte Winde aus NE oder NW wehten, folgert Lütke, dass die Constanz des nördlichen Stromes von den südlichen Winden abhänge, ja dass der Strom vielleicht durch sie unmittelbar hervorgerufen werde [1]. Schon früher hatte Lartigue die Behauptung aufgestellt, dass die Strömung immer den Winden folge [2]. Findlay bemerkt mit Recht, dass die Beobachtungen Lartigues eigentlich die der anderen Seefahrer bestätigen, denn die Clorinde, auf welcher er sich befand, wurde in 12 Tagen um 2° 10′, im Winter in 10 Tagen um 36′ nordwärts getrieben. Trotzdem ist seine Bemerkung durchaus richtig. Die chilenischen Kapitäne berichten übereinstimmend, dass sich die Strömung an ruhigen Tagen vermindere, bei N- oder NWwinden aufhöre, ja durch die entgegengesetzte Strömung verdrängt werde [3]. Und schon Pöppig [4]) bemerkte, dass sich im Winter, also zur Zeit der grössten Häufigkeit der Nordwinde, für kurze Zeit eine südliche Strömung geltend mache. Fitz Roy, welcher diesen südlichen Strömungen seine besondere Aufmerksamkeit zugewandt hat, erzählt, dass sie sich auch an der peruanischen Küste häufig un-

---

1) S. Findlay, South Pacific Directory, S. 1003 f.

2) S. Findlay, South Pacific Directory, S. 1003.

3) F. Vidal Gormaz im Bulletin de la guerre du Pacifique 14. Anales 1873 (43) 32 Pomar, Anales 1876, p. 583 ff. und 1877, p. 263 und 269. Salamanca, Anales 1877, p. 136. Vgl. Wilkes, citiert nach Findlay a. a. O., S. 1001 Anm. und Berghaus im Geogr. Almanach 1837, S. 300 f.

4) Reise I, p. 285.

mittelbar vor und während nördlicher Winde zeigten, dass das jedoch durchaus nicht immer der Fall sei, und dass man noch keine bestimmten Regeln für ihr Auftreten habe finden können [1]. Lartigue unterscheidet ganz bestimmt zwischen zwei Arten von südlichen Strömungen; die einen finden sich als Gegenströmungen zwischen dem Lande und der nördlichen Strömung und sind um so breiter, je frischer die südliche Brise weht; die anderen, ebenfalls nur in der Nähe des Landes fühlbar, sind die direkte Wirkung nördlicher und westlicher Winde [2].

Angesichts dieser Beobachtungen muss man zugestehen, dass wenigstens die Oberflächenströmung an der chilenischen und peruanischen Küste durchaus von den Winden abhängig ist. Lütke und Lartigue haben recht, soweit sie diese Thatsache hervorheben. Aber es ist irrtümlich, wenn Lartigue die nördliche Strömung überhaupt leugnet, oder wenn Lütke die von den Winden abhängigen Strömungen der chilenischen Küste in Gegensatz zu dem kalten peruanischen Strom setzt, der erst bei Coquimbo von SW her an das Land trete [3]. In den Zusammenstellungen von Duperrey, auf welche er sich für diese Behauptung beruft, ist eine Bestätigung derselben nicht zu finden; südliche Stromversetzungen sind nördlich von Coquimbo ebenso gut wie südlich beobachtet worden, und beweisen die Willkür einer solchen Unterscheidung. Die Strömung ist an der ganzen Küste von Chiloe ab eine nördliche, weil die südlichen Winde über alle anderen Richtungen überwiegen.

Ueber die Tiefenerstreckung dieses nördlichen Stromes sind wir leider ausserordentlich wenig unterrichtet. Francesco Vidal Gormaz, der Chef des hydrographischen

1) South America Pilot II, p. 375.
2) Citiert nach Findlay, South Pacific directory, S. 971.
3) Findlay, South Pacific directory, S. 1004.

Bureaus von Chile, bemerkt ausdrücklich, dass wir darüber gar keine neuen Erfahrungen besitzen [1]).

Seit Humboldt ist die niedrige Temperatur der peruanischen Küstenströmung unzweifelhaft festgestellt; daraus ergiebt sich unmittelbar die bedeutende Mächtigkeit derselben, denn das kalte Wasser höherer Breiten kann in der Aequatorialzone nur dann an der Oberfläche bleiben, wenn die tieferen Wasserschichten eine noch niedrigere Temperatur besitzen. An der chilenischen Küste haben wir keinen Anhalt an den Temperaturbeobachtungen, aber zum Glück können wir uns hier direct von der Tiefe der Strömung überzeugen. Humboldt erfuhr, dass bei Chiloe die Strömung in 12—15 Faden Tiefe viel grösser sei als an der Oberfläche [2]), und bei einer Tiefenmessung der Venus unter 43° 47′ s. Br. 79° 6′ w. L. Gr. blieb die Leine bis zur Tiefe von 1790 m vertikal, obwohl sich das Schiff bei Kalmen und ohne Segel mit der Oberflächenströmung bewegte, ein Beweis, dass in dieser Tiefe eine Strömung von gleicher Richtung und Stärke wie an der Oberfläche vorhanden war [3]).

Eine nördliche Strömung muss auf der südlichen Halbkugel eine kalte Strömung sein, und eine kalte Strömung muss einen gewissen Tiefgang besitzen, weil das kalte Wasser bis zu dem Niveau sinkt, welches seinem specifischen Gewicht entspricht und dabei seine Bewegung den tieferen Schichten mitteilt. Die Abkühlung wird sich auf immer grössere Tiefen erstrecken, je weiter sich die Strömung von ihrem Ursprungsorte entfernt. Daraus erklärt es sich leicht, dass die Temperaturzunahme nach

---

1) Essai sur une géographique nautique du Chili im Bulletin de la guerre du Pacifique Nr. 14.

2) Berghaus, Länderkunde I, S. 581.

3) Voyage de la Venus. Physique IV, p. 388. Vgl. Findlay a. a. O. 1001.

niederen Breiten in der Tiefe langsamer erfolgt als an der Oberfläche; wenn wir daher erfahren, dass zwei Temperaturbeobachtungen der Venus unter 43° und bei Pisco an der Oberfläche eine Temperaturdifferenz von 5,4°, in 200 m Tiefe nur von 2,5° ergaben [1]), so werden wir darin eine Bestätigung unserer Ausführungen erblicken dürfen.

Wir konnten die kalte Strömung unmittelbar nur an der peruanischen Küste constatieren, aber wir gewannen im Laufe der Untersuchung die Ueberzeugung, dass auch an der chilenischen Küste eine kalte Strömung vorhanden ist, und dass die Abkühlung Chiles nur zum Teil durch die polaren Winde hervorgerufen wird. Gleichzeitig versuchten wir die verschiedene Wirkung der Strömung im Norden und Süden besser verstehen zu lernen.

Die Meteorological papers [2]) geben eine Uebersicht der Meeresoberflächentemperaturen in den drei Oceanen für die verschiedenen Breiten. Man erhält daraus im grossen Ocean für die Breite von Payta 25,6°, von Callao 24,6°, von Valparaiso 17,7°, während die an diesen Orten beobachteten Temperaturen, wenn sie in geeigneter Weise zu Mitteln verbunden werden [3]), 19,5°, 18,5° und 14,7° (nach Pissis 15—16° [4])) ergeben. Danach würde der Humboldtstrom in Payta und Callao eine Abkühlung von 6°, in Valparaiso nur von 3° (nach Pissis sogar nur von 2°) bewirken; in Talcahuano ist er nach Pöppig thermometrisch

---

1) S. anf der vorhergehenden Seite Anm. 3.

2) Meteorological papers of the board of trade Nr. 12. Citiert nach Hann in der Allg. Erdkunde, 3. Aufl., S. 146.

3) Für Payta: Duperrey, p. 260. Tessan, Voyage de la Venus. Physique IV, p. 412. Darondeau II, p. 324 ff. — Callao Humboldt, Dirckinck v. Holmfeldt u. s. w. s. Berghaus, Länderkunde I, p. 588. — Valparaiso Tessan Voyage de la Venus. Physique IV, p. 396 f.

4) Anales 1854, p. 166.

gar nicht mehr nachweisbar [1]). Etwa dasselbe Ergebnis tritt uns in den Linien gleicher Meeresoberflächentemperatur entgegen, welche Evans für den Februar und August gezogen hat. Die Abkühlung der Küste wird nach Süden immer geringer und verschwindet unter dem 50. Parallel fast ganz. Und ebenso sind nach den von Scott zusammengestellten Beobachtungen zwischen 50° und 55° die Temperaturlinien mit den Parallelkreisen fast gleichlaufend, während sie sich weiter nördlich in der Nähe der Küste beträchtlich dem Aequator nähern. Auch die Beobachtungen der Gazelle zeigen südlich von 45° denselben gleichmässigen Verlauf der Meeresisothermen, denn die Abkühlung, welche bei der Annäherung an die Küste statt hatte [2]), wird hinreichend durch das gleichzeitige Wachsen der geographischen Breite erklärt.

Man hatte geglaubt, dem kalten Wasser an der Westküste von Südamerika eine polare Herkunft zuschreiben zu müssen; die Erfahrung zeigt uns, dass die östliche Strömung, welche an die chilenische und patagonische Küste tritt, gar nicht oder nur in geringem Grade abkühlend wirkt, dass sie also eine thermisch neutrale Strömung ist, die wir keine Veranlassung haben, vom Pole herkommen zu lassen. Sie wirkt erst von dem Augenblicke an erniedrigend auf die Temperatur ein, als sie an der amerikanischen Küste nach Norden umbiegt und niederen Breiten zueilt. Daher kommt es, dass von der normalen Meerestemperatur der westpatagonischen Küste ein allmählicher Uebergang zu der auffallend niedrigen Temperatur der Küsten von Peru und Ecuador stattfindet, während im anderen Falle auch jene unter das Mittel ihrer Breite erniedrigt sein müsste. Allein die nördliche Richtung des Humboldtstromes selbst ist, um es noch einmal auszu-

---

1) Reise II, p. 5 f.

2) Annalen für Hydrographie 1876, S. 288 ff.

sprechen, an dieser Abkühlung des Meeres schuld; Witte, der an der Hand der Beobachtungen von Lenz, des Challenger und der Gazelle jene östliche Strömung sogar als warm auszugeben versucht [1], irrt also, wenn er meint, dadurch auch dem Humboldtstrome seine niedere Temperatur zu nehmen.

Die gewöhnliche Auffassung sieht in demselben einen wohlbegrenzten Strom, dessen Breite im Parallel von Valparaiso 120, bei Payta 180, im Meridian der Galápagos 480 M. beträgt [2]. Nun zeigt aber sowohl die Strömungskarte von Berghaus wie die von Evans auch weit ausserhalb jener Grenzen ein Vorherrschen nördlicher Stromversetzungen, die im Süden nach Ost [3], im Norden nach West von der Meridianlinie abweichen; hatte doch diese Thatsache zur Aufstellung der Mentorströmung verleitet! Andrerseits lässt sich nicht verkennen, dass diese östlichen und westlichen Abweichungen von der Nordrichtung auf hoher See viel grösser und häufiger sind als an der Küste, dass diejenige Constanz des Stromes fehlt, welcher wir in der Nähe des Landes begegnen.

Dieser Unterschied gelangt auch in der Temperaturverteilung zum Ausdruck. Die Linien gleicher Temperatur der Meeresoberfläche beginnen unter 40° s. Br. etwa in 82°, unter 30—35° in 91°, unter 25° in 110° w. L. sich gegen den Äquator zu neigen. Aber diese Neigung wird in der Nähe der Küste viel deutlicher [4]. Duperrey fand auf der Ueberfahrt von Concepcion nach Callao bei der Annäherung an das Land eine Abkühlung von 4½°, obgleich sich die Breite um 4° verminderte und er das Ge-

1) Ueber Meeresströmungen, S. 43.

2) Kerhallet, General examination of the South Pacific, p. 67. Vgl. dagegen Findlay, South Pacific Directory, p. 1002.

3) Vgl. z. B. Lopez in Anales 1876, S. 651.

4) Nach Scott und Evans.

biet der nördlichen Stromversetzungen überhaupt nicht verlassen hatte [1]). Ramon Vidal Gormaz mass die Meerestemperatur von Mejillones bis 76° w. L. Gr. auf 12,9° und sah sie dann plötzlich auf 15,5° steigen, indem die Strömung gleichzeitig aus der nördlichen und nordwestlichen in die westliche bis westsüdwestliche Richtung überging [2]). Die Venus beobachtete diese rasche Abkühlung in der Breite von Valparaiso etwa 144 M., bei Callao etwa 196 M. von der Küste; die Temperatur sank dabei um 4 und 4,3° [3]). Da jedoch nach einer Beobachtung von Fitz Roy im März 1835 dieser kalte Gürtel bei Valparaiso nur eine Breite von 118 M. hatte [4]), so scheint seine Begrenzung keine scharfe und bleibende zu sein. Bei Concepcion war er überhaupt nicht mehr wahrzunehmen [5]), und in Uebereinstimmung damit zeigen auch die Karten von Evans und Scott diese scharfe Krümmung der Isothermkurven erst in niedrigeren Breiten. Eine Folge davon ist, dass die Temperatur, wenigstens südlich von 20°, an der Küste viel langsamer nach dem Äquator zunimmt als im westlichen Teile der Strömung, und hier wieder langsamer als ausserhalb derselben.

Es ist möglich, dass diese Temperaturerniedrigung in unmittelbarer Nähe des Landes zum Teil auf einer allgemeinen, auch an Küsten, welche von warmen Strömungen bespült werden, wiederkehrenden Erscheinung beruht, nämlich darauf, dass das Wasser tieferer Schichten an die Oberfläche gedrängt wird [6]). Aber auch an sich ist die

1) Voyage de la Coquille. Hydrographie.

2) Anuario hidrográfico de la marina de Chile 1876 I, S. 388 ff. = Anales 1874, S. 755.

3) Voyage de la Venus. Physique IV.

4) Fitz Roy, Narrative of the surveying voyages of Adventure and Beagle.

5) Duperrey, Voyage de la Coquille.

6) Tessan, Voyage de la Venus. Physique IV, p. 357.

Strömung hier am kräftigsten entwickelt und zeigt darum hier ihren Temperaturcharacter am schärfsten ausgeprägt. Hier ist sie am regelmässigsten, am reinsten nördlich, am schnellsten und wohl auch am tiefsten. Schwächer und unregelmässiger, aber darum doch vorhanden ist sie abseits der Küste, aus dem normal erwärmten, ruhigen Ocean immer deutlicher hervortretend. Gewiss geschieht das erst allmählich, in der Nähe der Küste in viel rascherem Gange. Wir sind darum nicht berechtigt, zwischen einer oberflächlichen Windtrift und einer Tiefenströmung scharf zu unterscheiden und dieselben auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Die Strömung an der Oberfläche müssen wir als eine Wirkung der Winde betrachten; die Untersuchungen von Zöppritz[1]) haben streng bewiesen, dass diese auch die Bewegung der tieferen Wasserschichten hervorrufen können. Wozu sollen wir noch nach einer anderen Ursache suchen, da wir durch diese eine alle Erscheinungen des Humboldtstroms befriedigend zu erklären vermögen?

Die westlichen Winde der gemässigten Zone erzeugen eine östliche Strömung, welche an der amerikanischen Küste unter der Einwirkung der vorherrschenden Südwinde ihren Weg nach Norden nimmt. Diese nördliche Strömung wird eine kalte Strömung, welche um so mächtiger und um so empfindlicher wird, je tiefer sie in die Tropen eindringt. Anfänglich schmal, wird sie im Gebiete der Passatwinde immer breiter, obwohl sich ihre Hauptmasse nie weit vom Lande entfernt.

Bei Kap Blanco verlässt der Humboldtstrom die amerikanische Küste und wendet sich nach Westen zu den Galápagosinseln, um in den südlichen Aequatorialstrom

---

1) Zur Theorie der Meeresströmungen. Annalen für Hydrographie. 1878, S. 239.

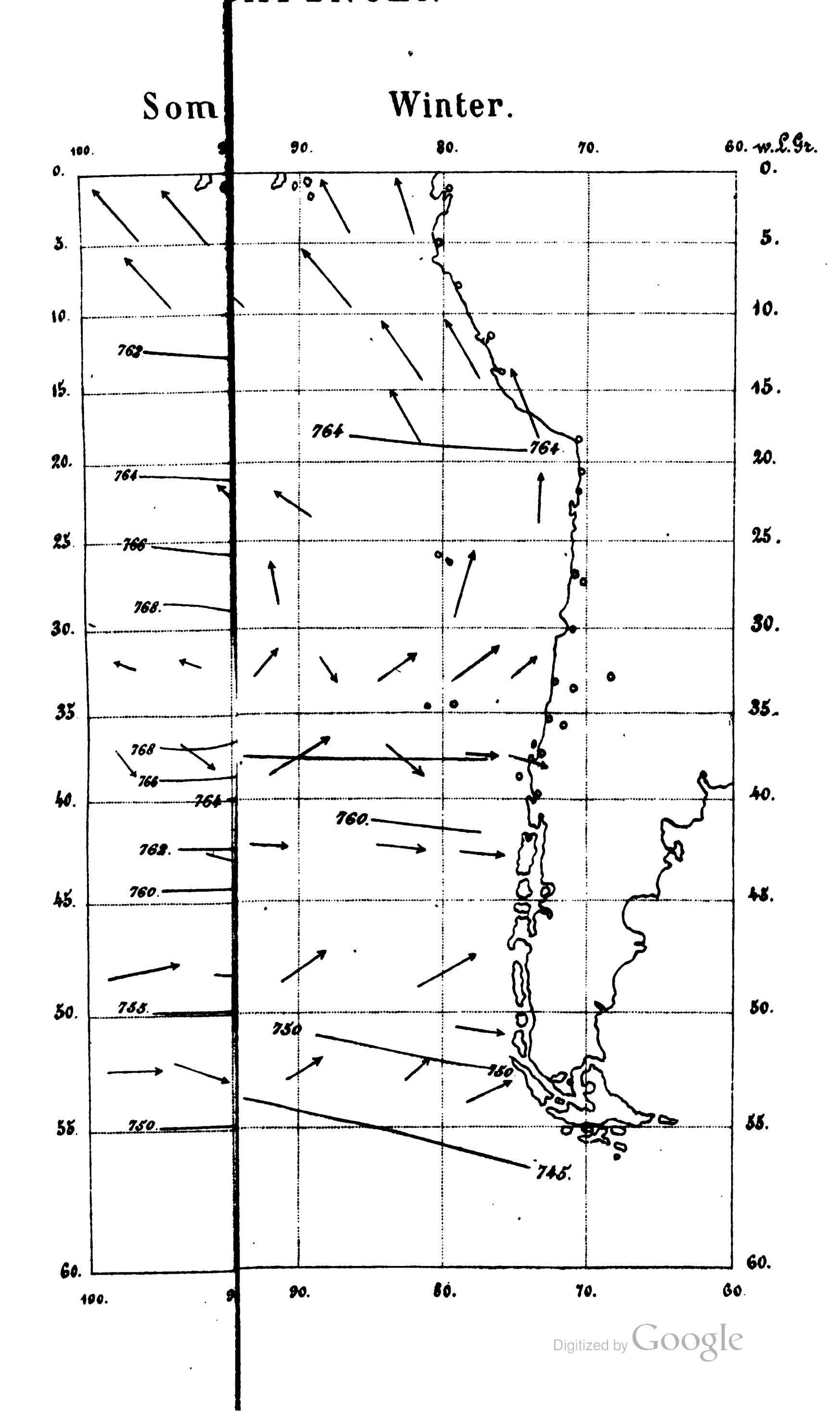
aufzugehn [1]). Ein anderer, geringerer Arm scheint, wenigstens zeitweise, bis über den Golf von Panama hinaus der Küste zu folgen [2]).

---

1) S. z. B. Wolf, Bemerkungen über die Galápagosinseln. Verh. d. Ges. für Erdkunde, VI, S. 245.

2) Hydrographische Mittheilungen, II p. 100. Findlay a. a. O., S. 1006.

HTUNGEN



Som
Winter.
100.
90.
80.
70.
60. w.L.Gr.
0.
5.
10.
15.
20.
25.
30.
35.
40.
45.
50.
55.
60.
762
764
764
764
766
768
768
766
764
760.
762.
760
755
750
750
750
745.



